



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ**

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

**ÚSTAV MATERIÁLOVÝCH VĚD A INŽENÝRSTVÍ**

INSTITUTE OF MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING

**PROBLEMATIKA NEDESTRUKTIVNÍHO ZKOUŠENÍ V  
SOUČASNÉ PRŮMYSLOVÉ PRAXI**

NONDESTRUCTIVE TESTING IN CURRENT INDUSTRIAL PRACTICE

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**Eliška Jakubcová**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**Ing. Martin Juliš, Ph.D.**

**BRNO 2019**

## Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav materiálových věd a inženýrství  
Studentka: **Eliška Jakubcová**  
Studijní program: Strojírenství  
Studijní obor: Základy strojního inženýrství  
Vedoucí práce: **Ing. Martin Juliš, Ph.D.**  
Akademický rok: 2018/19

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

### **Problematika nedestruktivního zkoušení v současné průmyslové praxi**

#### **Stručná charakteristika problematiky úkolu:**

Bakalářská práce bude zaměřena na vypracování literární rešerše zaměřené na problematiku certifikace pracovníků v oblasti nedestruktivního zkoušení, popsat aktuální stav a požadavky průmyslové praxe kladené na pracovníky provádějící zkoušení metodami NDT a ve spolupráci s externí společností demonstrovat na praktickém příkladu u reálné součásti aplikaci vybraných metod zkoušení včetně vzájemného porovnání aplikačních možností jednotlivých metod a interpretace získaných výsledků.

#### **Cíle bakalářské práce:**

Vypracovat literární rešerši shrnující problematiku certifikace pracovníků v oblasti nedestruktivního zkoušení dle platných evropských norem. Popsat aktuální stav a požadavky průmyslové praxe kladené na pracovníky provádějící zkoušení hlavními metodami NDT. Ve spolupráci se společností Controltest s.r.o. demonstrovat na praktickém příkladu reálné součásti aplikaci vybraných metod zkoušení včetně vzájemného porovnání aplikačních možností jednotlivých metod a interpretace získaných výsledků.

#### **Seznam doporučené literatury:**

KOPEC, Bernard. Nedestruktivní zkoušení materiálů a konstrukcí, CERM, Brno 2009. ISBN 978-80-7204-591-4.

ČSN EN ISO 9712, Nedestruktivní zkoušení - Kvalifikace a certifikace pracovníků NDT.

ASM INTERNATIONAL. Metals handbook: Volume 17: Nondestructive Evaluation and Quality Control. 9th ed. Metals Park, Ohio: American Society for Metals, 17 v. ISBN 08717000771.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2018/19.

V Brně, dne 22. 10. 2018



prof. Ing. Ivo Dlouhý, CSc.  
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan fakulty

## **Abstrakt**

Bakalářská práce se zabývá problematikou certifikace pracovníků v oboru nedestruktivního zkoušení dle platných norem. Teoretická část práce porovnává český certifikační systém pracovníků nedestruktivního zkoušení se systémy v zahraničí a hodnotí jejich vzájemné rozdíly. V rámci práce jsou také diskutovány problémy, které se vyskytují při certifikaci dle normy ČSN EN ISO 9712. V praktické části bakalářské práce je dokumentováno vyhodnocení zkušebního vzorku pomocí prozařovací rentgenové zkoušky, magnetické práškové metody a zkoušky těsnosti. V závěru práce jsou získané výsledky vyhodnoceny a diskutovány a také popsány v podobě měřících protokolů.

### **Klíčová slova**

Certifikace, nedestruktivní zkoušení, prozařovací metody, magnetická prášková metoda

## **Abstract**

The bachelor thesis is focused on personnel certification of non-destructive testing according to valid standards. The theoretical part compares the Czech certification system for non-destructive testing with systems in other countries and evaluates their differences. Problems that occur during certification according to ČSN EN ISO 9712 are also discussed. In the practical part of the thesis the evaluation of the test sample is documented by means of radiographic test, magnetic particle test and leak test. At the end of the thesis the results are evaluated and discussed and also described in the form of measuring protocols.

### **Keywords**

Certification, non-destructive testing, radiographic testing, magnetic particle testing

JAKUBCOVÁ, Eliška. Problematika nedestruktivního zkoušení v současné průmyslové praxi. Brno, 2019. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Martin Juliš.

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Problematika nedestruktivního zkoušení v současné průmyslové praxi vypracovala samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, které jsou součástí této práce.

V Brně dne:

Podpis:

## **Poděkování**

Ráda bych poděkovala svému vedoucímu Ing. Martinu Julišovi, Ph.D. za cenné rady, vedení, čas a trpělivost při zpracovávání této bakalářské práce. Dále bych ráda poděkovala panu Jiřímu Jančarovi a firmě Controltest s.r.o. za pomoc s provedením nedestruktivních zkoušek. V neposlední řadě chci poděkovat svým rodičům za podporu při studiu.

## Obsah

1	Úvod.....	9
2	Nedestruktivní defektoskopie.....	10
2.1	Počátky nedestruktivního zkoušení .....	10
2.2	Přehled norem certifikace pracovníků nedestruktivního zkoušení.....	11
2.3	Přehled zahraničních norem certifikace pracovníků nedestruktivního zkoušení .....	11
3	Certifikace dle ČSN EN ISO 9712.....	12
3.1	Odpovědné orgány certifikace.....	12
3.1.1	Certifikační orgán.....	12
3.1.2	Kvalifikační orgán.....	12
3.1.3	Zkušební středisko.....	12
3.1.4	Zaměstnavatel.....	13
3.1.5	Uchazeč .....	13
3.2	Kvalifikační stupně.....	13
3.2.1	Stupeň 1.....	13
3.2.2	Stupeň 2.....	13
3.2.3	Stupeň 3.....	13
3.3	Značení metod nedestruktivního zkoušení .....	14
3.4	Požadavky pro získání certifikace .....	14
3.4.1	Požadovaná průmyslová NDT praxe.....	14
3.4.2	Školení.....	15
3.4.3	Zraková způsobilost .....	15
3.5	Kvalifikační zkouška .....	16
3.5.1	Výrobní sektory .....	16
3.5.2	Průmyslové sektory .....	16
3.5.3	Kvalifikační zkouška pro stupeň 1 a stupeň 2.....	16
3.5.4	Kvalifikační zkouška pro stupeň 3 .....	18
3.5.5	Požadavky provedení kvalifikační zkoušky .....	19
3.5.6	Opakování zkoušky .....	19
3.6	Certifikáty a jejich platnost.....	19
4	Současná situace v certifikaci pracovníků dle ČSN EN ISO 9712 .....	20
4.1	Problém s nedostatečnou praxí personálu nedestruktivního zkoušení .....	20
4.2	Vytvoření softwaru pro certifikační zkoušky .....	21

4.3	Sjednocení celosvětového normalizačního systému certifikace pracovníků.....	22
4.4	Nedostatečný popis certifikace pracovníků v nově vznikajících metodách .....	22
5	Experimentální část .....	24
5.1	Zkouška prozářením .....	24
5.1.1	Nastavení požadavků zkoušky .....	26
5.1.2	Vyhodnocení zkoušky .....	27
5.1.3	Hodnocení přípustnosti nalezených vad.....	29
5.1.4	Dokumentace negativů .....	29
5.2	Magnetická zkouška prášková.....	36
5.2.1	Vyhodnocení vzorku po zkoušce magnetickou práškovou metodou .....	40
5.3	Měření těsnosti .....	42
5.3.1	Vyhodnocení zkoušky měření těsnosti.....	43
6	Výsledky a diskuze.....	44
7	Závěr.....	45
	Literatura .....	46
	Seznam použitých zkratk a symbolů .....	48
	Seznam obrázků .....	48



# 1 Úvod

Nedestruktivní zkoušení materiálu je v současné době velmi důležitou součástí ve spoustě různých průmyslových odvětví. Oblast nedestruktivního zkoušení je popsána pomocí norem, které popisují přesné postupy provádění metod zkoušení a následné interpretace výsledků. Provádění zkoušek v souladu s normami je proto velmi důležité i z hlediska porovnávání různých výsledků z odlišných metod nedestruktivního zkoušení, čím je v konečném důsledku možné lépe poznat skutečný stav zkoušených součástí.

Aby byly metody nedestruktivního zkoušení prováděny správně, musí je současně provádět i správně a kvalitně vyškolený personál. Provádění certifikace personálu je popsáno v ČSN EN ISO 9712, podle které musí každá certifikační zkouška probíhat. Zkoušení pracovníků musí provádět prověřené orgány s platnými akreditacemi. Certifikační orgány provozují kvalifikační střediska, ve kterých se provádí certifikace pracovníků pod vedením vyškolených lektorů.

Všechny normy popisující nedestruktivní zkoušení prochází postupně aktualizacemi a doplněním potřebných podmínek, ale i přesto se v dnešní době stále setkáváme s určitými nedostatky. Paralelně také vznikají nové metody a postupy, které ještě nejsou komplexně normalizovány.

Při provádění experimentální části, zkoušení vzorku pomocí různých nedestruktivních metod, bylo postupováno dle platných norem. Zkoušky byly prováděny pod dohledem řádně certifikovaného pracovníka z firmy Controltest s.r.o. Zkušební vzorek byl vyzkoušen prozařovací metodou, práškovou magnetickou metodou a zkouškou měření těsnosti pomocí vakuové komůrky. Výsledky nedestruktivního zkoušení byly zaznamenány do výstupních protokolů, které byly následně zaslány zákazníkovi.

## 2 Nedestruktivní defektoskopie

Metody nedestruktivního zkoušení (NDT) slouží pro zjišťování vad materiálů a výrobků, aniž by při tom došlo k jejich porušení či ztrátě funkčnosti. Díky NDT metodám odhalujeme odchylky ve struktuře, změny v jakosti zkoušeného povrchu, existenci trhlin či jiných fyzikálních nehomogenit. Nedestruktivní zkoušení se podílí na zvyšování spolehlivosti a také napomáhá předcházet poruchám výrobku, které by mohly způsobit úrazy pracovníkům či narušit chod firmy. Výrobky jsou tedy kvalitnější, spolehlivější a bezpečnější. Výrobky se zkouší podle metod, které jsou přesně definovány a popsány v příslušných normách. Zkoušky musí provádět vyškolení pracovníci, kteří splnili veškeré požadavky a vlastní platnou certifikaci na provádění kontroly právě na vybrané metodě nedestruktivního zkoušení. Certifikace v tomto oboru mají velkou důležitost a jsou zcela nezbytné pro nedestruktivní kontrolu nejen u nás, ale na celém světě.

V České republice probíhá certifikace pracovníků nedestruktivního zkoušení nezávislým certifikačním orgánem, který musí pracovat dle platných norem. Tento druh certifikace je nezávislý na zaměstnanci uchazeče, ale závisí pouze na certifikačním orgánu. Výhodou nezávislého typu certifikace je její nestrannost a možnost využití po celém světě [1].

Certifikace pracovníků je odlišná v různých odvětvích průmyslu, proto je certifikace rozdělena do průmyslových sektorů, které jsou obecně popsány v ČSN EN ISO 9712. Nedestruktivní zkoušení pro letecký průmysl a kosmonautiku vyžaduje přísnější certifikační podmínky, které jsou popsány v ČSN EN 4179. Požadavky pro certifikaci pracovníků provádějící kontroly ocelových trubek pro stupně kvalifikace 1 a 2 jsou detailněji specifikované v ČSN EN 10256. Pro personál, který provádí pouze omezený rozsah nedestruktivního zkoušení, opakující se činnosti nebo činnosti automatické povahy je certifikace řízena doplňující normou pro kvalifikaci pracovníků ČSN ISO 20807. Mezi omezené aplikace řadíme například měření tloušťky materiálu ultrazvukem, třídění materiálu vířivými proudy a elektromagnetickými metodami, zkoušení trubkových výrobků během výroby vířivými proudy a elektromagneticky [2], [3].

### 2.1 Počátky nedestruktivního zkoušení

Nedestruktivní zkoušení se začalo ve větším rozsahu realizovat koncem 19. století při kontrole různých částí železničních kolejí nebo lokomotiv. Metoda zkoušení se nazývala olej a vápenné mléko, tato metoda je principem podobná dnešním penetračním zkouškám. První firma pro nedestruktivní kontrolu vznikla v roce 1948. Zakladatelem byl profesor Friedrich Förster, který poprvé využil zkušební metodu vířivých proudů. Později v roce 1949 byl v Německu sestrojen první ultrazvukový defektoskop. Rentgenové záření v průmyslové praxi bylo používáno až po 2. světové válce [4].

V Československé republice začaly do nedestruktivního zkoušení investovat především velké hutní a automobilové podniky. Z počátku však neexistoval vyškolený personál, který by nakoupené stroje uměl používat a správně vyhodnocovat výsledky. V roce 1961 byl proto pověřen vzděláváním nedestruktivního zkoušení Státní výzkumný ústav materiálů v Praze. Pro tvorbu procesu certifikace bylo vytvořeno Celostátní defektoskopické středisko, které vycházelo z amerického certifikačního procesu ASNT (The American Society for Nondestructive Testing). Metody a provádění zkoušek bylo popisováno federálním

ministerstvem hutnictví a těžkého strojírenství, které vydalo Sdělení č. 28/1974 s přesným popisem metod nedestruktivního zkoušení a rozdělením středisek defektoskopické sítě. V roce 1990 vznikla Československá společnost pro nedestruktivní testování (ČNDT), která na zasedání Defektoskopie 1990 navrhla novější pojetí certifikace pracovníků. Od roku 1995 certifikaci pracovníků zajišťovalo pouze Certifikační sdružení pro NDT personál – APC Praha. Od této doby vznikly další certifikační orgány (ATG Cert, SECTOR Cert, TÜV SÜD Czech s.r.o, LLC, TESTYDO-COP, DOM-ZO 13, s.r.o., atd.), které provádějí certifikaci pracovníků dle evropských norem, kterými je dnes certifikace řízena [4].

## **2.2 Přehled norem certifikace pracovníků nedestruktivního zkoušení**

Každá zavedená norma má své přesné označení. Normy označené ČSN EN a číslem normy, jsou evropské normy přeložené do českého jazyka či s českým úvodem v původním anglickém znění. Pokud má norma označení ISO jedná se o normu mezinárodní a v případě označení ČSN EN ISO pak s českým překladem úvodní části, popřípadě celého textu. Všechny provedené změny v normách jsou evidovány ve věstníku ÚNMZ [3].

První mezinárodní norma využívaná při certifikaci pracovníků nedestruktivního zkoušení byla norma ČSN EN 45013, která byla uvedena v platnost v roce 1989. Tato norma byla později detailněji rozpracována a nahrazena v roce 1995 normou ČSN EN 473. V letech 2001 a 2009 došlo k dalším úpravám normy ČSN EN 473. V roce 2013 byla uvedena v platnost nová norma ČSN EN ISO 9712. Jedná se o českou normu, která odpovídá evropské normě EN ISO 9712:2012. Do této normy byly přidány dvě metody nedestruktivního zkoušení - zkoušení infračervenou termografickou metodou a tenzometrickou metodou. Došlo k zavedení digitálních průkazů a digitální evidence certifikací jednotlivých pracovníků. Drobná změna nastala i v požadovaných počtech hodin nutného školení při získávání certifikace.

Při zavedení nové platící normy nastává přechodné období při vydávání certifikací. Při vydávání nových certifikátů musí být postupováno podle normy nové, avšak pokud pracovník má certifikát platný dle normy staré, tak při následném prodloužení nebo recertifikaci musí splnit požadavky dle nové normy [1], [5], [6].

V současné platící normě ČSN EN ISO 9712 byly nalezeny jisté nedostatky, které by měly být následně pozměněny. Návrhy pro změnu zpracovala skupina WG1, která vznikla v roce 2008 za účelem koordinace certifikace a kvalifikace pracovníků nedestruktivního zkoušení. V současné normě není důkladně specifikována odpovědnost zaměstnavatele při dokládání zejména průmyslové praxe jeho zaměstnanců. Poupravení recertifikace u uchazečů pro třetí stupeň certifikace nebylo vhodné, lepší verze recertifikace byla stanovena v ČSN EN 473. Aby došlo k revizi stávající normy, musí být návrh schválen 66 % hlasujících členů ISO TC 135 SC7, tato skupina poté provádí revizi stávající normy [1], [6], [7].

## **2.3 Přehled zahraničních norem certifikace pracovníků nedestruktivního zkoušení**

Jak vyplývá z mezinárodních dohod a předpisů česká verze normy ČSN EN ISO 9712 odpovídá evropské normě ISO 9712. Každý členský stát dané normalizační skupiny buď přijme celé znění této normy, nebo vytvoří svůj standard, který je ale většinou úzce spojen s danou evropskou normou. K úplnému přijetí evropské normy nastalo například v těchto

státech: Německo, Brazílie, Argentina, Kolumbie, Mexiko. Vlastní verze pouze založené na evropské normě se používají v Peru, Bolívii, Venezuele a Uruguay. V USA probíhá certifikace dle standartu ANSI/ASNT podle SNT-TC-1A, kvalifikační systém závislý zcela na zaměstnavateli a jeho specifických potřebách praxe. Mezi další normy, které využívají kvalifikaci závislou na zaměstnavateli patří NAS 410 a EN 4179 [3], [8].

### **3 Certifikace dle ČSN EN ISO 9712**

Norma ČSN EN ISO 9712 platí pro nedestruktivního zkoušení na mezinárodní úrovni. Ustanovuje požadavky na orgány provádějící certifikace i na samostatné uchazeče a jejich zaměstnavatele. Bez platného certifikátu nesmí pracovník provádět a hodnotit výsledky NDT zkoušení [5].

#### **3.1 Odpovědné orgány certifikace**

Aby byla certifikace prováděna dle daných požadavků, musí ji provádět pověřené orgány. V České republice jsou platnými orgány společnosti, které mají akreditaci od Českého institutu pro akreditaci dle normy ISO/IEC 17024 [5].

##### **3.1.1 Certifikační orgán**

Certifikační orgán musí dodržovat podmínky certifikace dle ISO/IEC 17024 a je pověřen kontrolou prováděných školení, jejich průběhu i personálu. Certifikační orgán může pověřit prováděním certifikací vybraný kvalifikační orgán, který bude provádět školení pracovníků. O provedení školení je nutné uschovávat data minimálně 10 let. V neposlední řadě certifikační orgán kontroluje od uchazečů podepsání etického kodexu, který musí být zveřejněn [5].

V České republice vzniklo v roce 1995 jako první zájmové sdružení APC, které mělo sloužit pro školení pouze jejich pracovníků. Později kvůli velké poptávce otevřelo školení a certifikace i mimo jeho členy. Mezi certifikační orgány s akreditací dle EN ISO 17024 dnes například patří LLC, TESTYDO-COP, TUV SÜD Czech s.r.o, ATG Cert, DOM-ZO 13, s.r.o a SECTOR Cert [9].

##### **3.1.2 Kvalifikační orgán**

Kvalifikační orgán spadá pod certifikační orgán a musí plnit jeho požadavky. Důležitá je nestrannost a neovlivnitelnost kvalifikačního orgánu ke každému uchazeči. Hlavní funkcí je správa zkušebních středisek, kontrola provádění školení, zajištění odborného personálu, funkčnost zkoušecích přístrojů a jejich kalibrace. Nutné je také uchovávat veškeré dokumenty o provádění zkoušek pro nadřízený certifikační orgán. Každý z výše uvedených certifikačních orgánů spolupracuje s kvalifikačními středisky, kterými jsou v současné době v ČR například QC Plzeň s.r.o., DEKRA CZ a.s. [5].

##### **3.1.3 Zkušební středisko**

Zkušební střediska spadají pod certifikační orgán nebo pod pověřený kvalifikační orgán. Musí dodržovat postupy školení, použité vzorky a přístroje, schválené certifikačním orgánem. Každé školení probíhá pod vedením zkušebního komisaře pověřeného certifikačním orgánem. Veškerá zkušební data musí být uchovávaná podle požadavků. Středisko může také být

provozováno zaměstnavatelem. Provádí se také časté kontroly středisek kvůli nestrannosti rozhodování. Mezi střediska splňující tyto požadavky patří například DQ Centrum, PTS Josef Solnař, s.r.o. a Testima spol s.r.o. [5].

#### **3.1.4 Zaměstnavatel**

Poskytuje hlášení o uchazečích, certifikaci a dodává jejich osobní údaje, jako vzdělání, praxi a zřetelnou způsobilost. Pokud uchazeč není zaměstnancem, musí toto prohlášení podat nezávislá osoba. Zaměstnavatel je nucen kontrolovat certifikace jeho pracovníků a zachovávat záznamy o provedení zkoušek [5].

#### **3.1.5 Uchazeč**

Každý uchazeč je nucen pro udělení certifikátu, předložit doklad o školení, které bylo provedeno pověřeným orgánem s kvalifikovaným dohledem. Dále doložit prověření o zřetelných schopnostech a podepsání souhlasu s etickým kodexem [5].

### **3.2 Kvalifikační stupně**

Podle kvalifikačního stupně je rozlišována daná kompetence pracovníků provádějící metody NDT. Dle normy ČSN EN ISO 9712 rozlišujeme tři stupně kvalifikace, které značíme čísly od 1 do 3, kde 1 je nejnižší stupeň. Také dle nich rozděluje požadavky na délku trvajícího školení pro získání certifikátu [5].

#### **3.2.1 Stupeň 1**

Osoba s touto certifikací provádí danou metodu dle daného postupu pod vedením pracovníka s kvalifikačním stupněm 2 nebo 3. Pracovník může nastavovat parametry NDT zařízení, provést zkoušku a zaznamenat výsledky. Nesmí vybírat metodu zkoušení ani navrhnout techniku k provedení zkoušky. Výsledky zkoušky musí vyhodnotit pracovník s vyšším stupněm kvalifikace [5].

#### **3.2.2 Stupeň 2**

Pracovník již může volit metody a vhodné postupy pro provedení zkoušky, kterou může vést sám a vyhodnotit i její výsledky. Také provádí dohled nad pracovníky s nižším certifikátem a vede jejich práci. Podává konečné hodnotící zprávy s výsledky daného měření a rozhoduje, jestli vzorek splňuje požadavky na něj kladené [5].

#### **3.2.3 Stupeň 3**

Zahrnuje stejné podmínky provádění zkoušek a jejich hodnocení jako pro stupeň 2. Požadovány jsou také všeobecné znalosti i o jiných metodách NDT, používaných materiálech a výrobních procesech. Pomáhá stanovit meze přípustnosti, pokud nejsou nikde definovány. Přehodnocuje a specifikuje pracovní postupy. Může také být pověřen k plné odpovědnosti za zkušební středisko a vedení jeho zaměstnanců při provádění zkoušek [5].

### 3.3 Značení metod nedestruktivního zkoušení

Ve všech používaných normách se setkáváme s označováním prováděných zkoušek pouze ve zkratkách. Přehled zkratk dle ČSN EN ISO 9712 je uveden v **Tabulce 1**. Tyto značky jsou následně používané ve všech tabulkách v této normě, ale i na certifikačních průkazech pracovníků a jsou mezinárodně používané. Slouží k lepší orientaci a přehlednosti.

**Tabulka 1.** Zkratky a metody NDT dle ČSN EN ISO 9712 [5]

Zkratka	NDT metoda
AT	Zkoušení akustickou emisí
ET	Zkoušení vířivými proudy
TT	Zkoušení infračervenou termografií
LT	Zkoušky těsnosti
MT	Zkoušení magnetické
PT	Zkoušení kapilární
RT	Zkoušení radiografické
ST	Zkoušení tenzometrické
UT	Zkoušení ultrazvukem
VT	Zkoušení vizuální

### 3.4 Požadavky pro získání certifikace

V ČSN EN ISO 9712 jsou vypsány všechny nutné záležitosti, které musí uchazeč splnit a doložit jejich splnění. Požadavky se liší dle vzdělání, typu metody a požadovaného stupně certifikace.

#### 3.4.1 Požadovaná průmyslová NDT praxe

Pro obdržení určitého certifikátu musí uchazeč splňovat kritéria průmyslové praxe. Doklad o splnění praxe potvrzuje zaměstnavatel každého uchazeče a předkládá se certifikačnímu orgánu. Praxe je počítaná v odpracovaných měsících a rozdělena dle požadovaných metod a stupňů certifikace. Za jeden měsíc se počítá 40 odpracovaných hodin za týden. Pokud uchazeč má delší pracovní dobu, je možné přepočítání, avšak musí být vše doloženo zaměstnavatelem. Pokud se uchazeč uchází o více metod najednou, musí být doba praxe součtem všech požadovaných měsíců dohromady. Přehled požadovaných měsíců praxe pro dané metody je popsán v **Tabulce 2** [5].

**Tabulka 2.** Požadovaná doba průmyslové praxe dle ČSN EN ISO 9712

NDT metoda	Praxe		
	Stupeň 1	Stupeň 2	Stupeň 3
AT, ET, LT, RT, UT, TT	3 měsíce	9 měsíců	18 měsíců
MT, PT, ST, VT	1 měsíc	3 měsíce	12 měsíců

Lze také požádat o možné zkrácení požadované praxe. Zkrácení je možné provést pouze o méně než 50 % z původního počtu měsíců. Zkrácení lze využít, pokud uchazeč pracuje v prostředí, kde získal praxi v oboru blízkém požadované certifikaci, nebo praktickým

školením, nebo pokud vlastní již certifikaci v nějakém jiném sektoru NDT, nebo se jednotlivé metody navzájem doplňují. Pokud oprávněný certifikační orgán uzná možnost zkrácení, je možné dosáhnout zkrácení požadované doby praxe o 25 % při dvou metodách současně, o 33 % při třech metodách současně a o 50 % při čtyřech a více metodách. Celková praxe nesmí trvat kratší dobu než 1 měsíc [5].

### 3.4.2 Školení

Uchazeč musí absolvovat teoretické i praktické školení pořádané příslušným certifikačním orgánem. Délka školení je dána dle druhu metody a požadovaného stupně certifikace. Pokud se jedná o stupeň 3, může být požadována doplňující účast na školeních. Záleží na dosaženém vzdělání uchazeče. Požadované hodiny školení jsou zaznamenány v **Tabulce 3**. U metody RT nejsou v hodinách započteny školení z radiační bezpečnosti [5].

**Tabulka 3.** Požadavky na školení uchazečů dle ČSN EN ISO 9712

NDT metoda	Stupeň 1 hod.	Stupeň 2 hod.	Stupeň 3 hod.
AT	40	64	48
ET	40	48	48
LT B-Metoda změn tlaku	24	32	32
LT C-Metoda zkušebního plynu	24	40	40
MT	16	24	32
PT	16	24	24
ST	16	24	20
TT	40	80	40
RT	40	80	40
UT	40	80	40
VT	16	24	24

Lze provést zkrácení školení pouze o méně než 50 %. Některé určité předměty se opakují u všech školeních, tedy je možné je absolvovat pouze jednou. Také pokud uchazeč splnil na vysoké škole zkoušku, která byla zaměřená v souvislosti s NDT metodami, nebo dokončil alespoň 2 roky inženýrského studia na technické škole, může dojít ke zkrácení až o celých 50 %. Zkracování školení je také možné na certifikaci, která má omezení na určitou techniku a druhy zkoušených předmětů. Při stupni 2 RT může být certifikováno pouze hodnocení radiogramů na jeden průmyslový sektor. V tomto případě je minimální doba školení 56 hodin [5].

### 3.4.3 Zraková způsobilost

Aby uchazeč splnil požadavky na zrakovou způsobilost, musí prokázat následující schopnosti: přečíst na blízko text velikosti minimálně dle Jäger 1 (nebo písmo Times Roman N 4,5) ve vzdálenosti nejméně 30 cm. Je možno používat brýle, pokud je uchazeč potřebuje. Požaduje se rozeznání barev a kontrastu odstínů šedi – tzv. barvocit, které se používají při vyhodnocování výsledků. Pouze certifikační orgán může tyto požadavky změnit. Testy zrakové způsobilosti jsou prováděny jednou ročně a zaměstnavatel je nucen uchovávat jejich záznamy [5].

### 3.5 Kvalifikační zkouška

Průběh zkoušky záleží na typu NDT metody kvalifikačního stupně, druhu průmyslového sektoru a druhu výrobního sektoru. Podle všech náležitostí a obtížnosti zkoušky je určen čas, za který musí uchazeč zkoušku splnit. Všechny náležitosti určuje daný certifikační orgán [5].

#### 3.5.1 Výrobní sektory

Zkoušené výrobky jsou zde rozděleny dle druhu technologického zpracování, tvaru a druhu materiálu. Certifikační orgán má pravomoc vytvořit dodatečný sektor, dle potřeby daného průmyslového odvětví [5].

Rozdělení výrobních sektorů dle ČSN EN ISO 9712:

- odlitky (c) (železné a neželezné materiály)
- výkovky (f) (všechny typy výkovků: železné a neželezné materiály)
- svary (w) (všechny typy svarů, včetně pájení, pro železné a neželezné materiály)
- trubky a potrubí (t) (bezešví, svařované, železné a neželezné materiály, včetně výrobků pro výrobu svařovaných trubek)
- tvářené výrobky (wp) kromě výkovků (např. plechů a tyčí)
- kompozitní materiály (p)

#### 3.5.2 Průmyslové sektory

Průmyslové sektory shlukují sektory výrobní. Pokud certifikační orgán vytvoří nový průmyslový sektor, musí přesně popsat rozsah nového sektoru a zveřejnit tento dokument. Pracovník vlastní certifikaci v daném průmyslovém sektoru musí mít certifikaci i ve všech výrobních sektorech, které spadají pod daný průmyslový sektor. V případě kompozitních materiálů si certifikační orgán určuje požadavky na provedení zkoušky [5].

Rozdělení průmyslových sektorů dle ČSN EN ISO 9712:

- výroba
- předprovozní a provozní činnosti včetně výroby
- údržba železnic
- letectví

#### 3.5.3 Kvalifikační zkouška pro stupeň 1 a stupeň 2

Zkouška je rozdělena na tři části: obecnou zkoušku, specifickou zkoušku a zkoušku praktickou. Každou z částí musí uchazeč splnit v požadovaném čase a s dostatečným množstvím správných odpovědí.

##### 3.5.3.1 Obecná zkouška

Certifikační nebo pověřený kvalifikační orgán mají zveřejněný seznam požadovaných otázek pro splnění obecné zkoušky. Z toho seznamu se náhodným a nepředvídatelným způsobem vybírají otázky pro každou zkoušku. Minimální počet správně zodpovězených otázek je popsán v **Tabulce 4**. U skládání zkoušky z radiografické metody může být používáno rentgenové nebo gama záření a dodatečně musí být splněna zkouška z radiační bezpečnosti [5].



**Tabulka 4.** Minimální počet správných odpovědí obecné zkoušky pro stupeň 1 a 2 [5]

NDT metoda	Počet otázek
AT, ET, TT, RT, UT	40
LT, MT, PT, ST, VT	30

### 3.5.3.2 Specifická zkouška

Otázky jsou vybírány z aktuálního seznamu certifikačního nebo kvalifikačního orgánu určených podle příslušného sektoru. Mezi otázkami se vyskytují výpočty, postupy NDT metod a příslušné normy. Uchazeč musí zodpovědět minimálně 20 otázek správně. Skládá-li uchazeč zkoušku z více průmyslových nebo výrobních sektorů, musí zodpovědět nejméně 30 otázek správně. Není dostačující zodpovědět správně otázky z pouze jednoho sektoru, správné odpovědi musí být zaznamenány z obou sektorů v podobném poměru [5].

### 3.5.3.3 Praktická zkouška

Zkouška je prováděna na předepsaných zkušebních vzorcích, kdy výsledky musí být správně interpretovány do zkušebních protokolů a uchazeči stupně 2 musí výsledky vyhodnotit. Vzorky, na kterých se zkoušky provádějí, mají důkladně zpracované protokoly, kde jsou popsány všechny jejich vady s přesným umístěním. Každý vzorek a jeho protokol musí být viditelně označen, avšak značení nesmí překážet uchazečům u provádění zkoušky. Vzorový protokol je sestaven na základě minimálně dvou nezávislých zkoušek provedených pracovníkem s certifikátem stupně 3 [5].

Zkušební vzorky by měly odpovídat vlastnostmi reálných výrobků v praxi a obsahovat typické vady pro daný průmyslový či výrobní sektor. Vady se buď přirozeně ve vzorku nachází, nebo se uměle vyvolá jejich vznik. Uchazeči stupně 2 mohou vyhodnocovat vzorky z datových souborů nebo filmů. Vzorky využívané pouze pro kalibraci a měření diskontinuity vady obsahovat nemusí. Také vzorky pro metodu RT, AT, TT a ST neobsahují vady, protože pro vyhodnocování se používají radiogramy nebo datové záznamy, které vady obsahují [5].

Uchazeč o stupeň 1 je pod dohledem zkušebního komisaře a musí dodržovat jeho požadavky a instrukce. Avšak uchazeč o stupeň 2 musí sám vyhodnotit daný problém, určit vhodnou metodu a podmínky zkoušení splňující normy. Následně vyhodnotit výsledky a správně je okomentovat a zdůvodnit. Ve zkoušce pro stupeň 2 se požaduje také provedení instrukce pro uchazeče o stupeň 1 na určitém vzorku a metodě, kterou zvolí zkušební komisař [5].

Délka trvání zkoušky záleží na počtu zkušebních vzorků a jejich obtížnosti. Přesný čas stanovuje certifikační orgán. Doporučené trvání pro zkoušku prvního stupně jsou dvě hodiny a pro stupeň 2 na provedení praktické zkoušky jsou hodiny tři [5].

### 3.5.3.4 Hodnocení zkoušek

Každou písemnou zkoušku hodnotí samostatně pověřený zkušební komisař podle připravených vzorových výsledků. Některé certifikační orgány vyhodnocují výsledky zkoušek elektronicky. Celková hodnocení se přepočítává dle váhových faktorů jednotlivých oblastí zkoušky [5].

Uchazeč musí dosáhnout minimálně 70 % úspěšnosti v každém typu zkoušky. Při zkoušce praktické musí splnit každý zkušební vzorek minimálně na 70 % úspěšnost. Hodnocení zkoušky pro stupeň 2, kdy uchazeč tvoří instrukce pro zadanou metodu, musí být 100 %. Ostatní části zkoušek musí být hodnoceny nejméně 85 % úspěšnosti [5].

### 3.5.4 Kvalifikační zkouška pro stupeň 3

Uchazeč musí splnit zkoušku se stejnými požadavky jako pro stupeň 2. Pokud ji už v požadovaném sektoru splnil, znovu se zkouška provádět nemusí. Zkouška však musí být splněna ve stejném průmyslovém i výrobním sektoru. Kvalifikační zkouška obsahuje dvě části: základní zkoušku a zkoušku z hlavní metody [5].

#### 3.5.4.1 Základní zkouška

Zkouška je složena z vybraných otázek ze seznamu, který zveřejnil daný certifikační orgán. Otázky se skládají ze tří okruhů: nauka o materiálech a výrobní technologie, certifikační a kvalifikační systém a obecné znalosti minimálně čtyř NDT metod. Tato zkouška se skládá první a je platná po dobu 5 let. Pokud uchazeč vlastní již certifikaci stupně 3, tuto část zkoušku znovu provádět nemusí. Minimální počet ke složení základní zkoušky je popsán v **Tabulce 5** [5].

**Tabulka 5.** Minimální počet správných odpovědí základní zkoušky pro stupeň 3 [5]

Předmět	Počet otázek
Nauka o materiálech a výrobních technologiích	25
Znalost certifikačního systému	10
Obecné znalosti 4 NDT metod	15 (z každé zkušební metody)

#### 3.5.4.2 Zkouška z hlavní metody

Zkouška se skládá z otázek popisujících danou zkušební metodu, normy a používané právní postupy. V poslední části musí uchazeč navrhnout postup dané NDT metody podle platných norem a pravidel. Pokud již uchazeč stupně 3 vlastní certifikát z jiné NDT metody, může certifikační orgán zadat kritickou analýzu existujícího postupu, který obsahuje chyby. Požadovaný počet minima správných odpovědí je zaznamenán v **Tabulce 6** [5].

**Tabulka 6.** Minimální počet správných odpovědí zkoušky z hlavní metody pro stupeň 3 [5]

Předmět	Počet otázek
Znalosti na úrovni stupně 3 zkoušené NDT metody	30
Použití NDT metody, normy, certifikace, postupy	20
Navržení NDT postupu	-

### **3.5.4.3 Hodnocení kvalifikační zkoušky pro stupeň 3**

Každá zkouška je hodnocena samostatně. U základní zkoušky je požadováno k úspěšnému složení zkoušky minimálně 70 % správných odpovědí. Ze zkoušky z hlavní metody musí uchazeč splnit nejméně 70 % z každé oblasti zkoušky. Písemné odpovědi hodnotí pověřený zkušební komisař, podle předpřipravených správných protokolů. Některé certifikační orgány vyhodnocují výsledky pomocí počítačových programů [5].

### **3.5.5 Požadavky provedení kvalifikační zkoušky**

Zkouška musí být prováděna pověřeným školícím komisařem, který byl pověřen daným certifikačním orgánem a provádí zkoušku dle všech platných norem. Školící komisař nesmí provádět zkoušku pro uchazeče, u kterého prováděl školení v posledních dvou letech, nebo pracují ve stejné společnosti [5].

Uchazeč je povinen se prokázat platným dokladem totožnosti a oficiální pozvánkou na zkoušku. Nesmí porušit pravidla provádějící se zkoušky, nebo neuposlechnout zkušebního komisaře. Zaznamenání nevhodného chování, nebo podvádění vede k ukončení zkoušky [5].

Není dovoleno mít v průběhu zkoušky u sebe osobní věci. Pouze zkušební komisař může nařízení změnit. Komisař může povolit provádění praktické zkoušky na zkušebním zařízení uchazeče, ale vše musí být předem domluveno a schváleno [5].

### **3.5.6 Opakování zkoušky**

Pokud uchazeč projevil nevhodné chování, porušil etický kodex během probíhající zkoušky a byl vyloučen, musí počkat se školením dalších 12 měsíců a potom se znovu přihlásit. Uchazeč, který nesplnil požadovaný minimální počet správných odpovědí, může nesplněnou část zkoušky opakovat dvakrát. Nesmí však dojít k opakování dříve než za 1 měsíc od neúspěšného složení zkoušky. Pokud i po opakování neuspěje, musí si podat žádost o další školení jako nový uchazeč [5].

## **3.6 Certifikáty a jejich platnost**

Pokud uchazeč splní veškerá nutná kritéria pro obdržení certifikátu z vybrané zkušební metody a kvalifikačního stupně obdrží certifikát. Vyrábějí se papírové certifikáty, kapesní průkazy (viz **obr. 1**), nebo lze elektronicky dokládat údaje o certifikaci pracovníků na webu certifikačního orgánu. Digitální forma certifikátu může být doplněna také o vytištěný průkaz o certifikaci. Digitální certifikát lze vytisknout z webových stránek certifikačního orgánu, pokud je certifikát vytištěn musí být zaznamenáno datum výtisku a odkaz na webové stránky, kde je možno certifikát ověřit. Jakýkoli druh certifikátu musí obsahovat povinné údaje, které jsou uvedeny v ČSN EN ISO 9712 [5].

Metoda	Stupeň	Sektor	Schválení dle 2014/68/EU	Platnost od:	Platnost do:
MT	2	MS	ANO	03.07.2014	02.07.2019
UT	2	MS	ANO	03.07.2014	02.07.2019
PT	2	MS	ANO	12.01.2015	11.01.2020
VT	2	MS	ANO	29.04.2016	28.04.2021
RT	2	MS	ANO	18.06.2018	17.05.2023

metody VTP, ETT, ZMJ a ZMS nejsou v rozsahu akreditace dle ČSN EN ISO/IEC 17024

Uznaná nezávislá organizace / Vedoucí COP      Podpis držitele průkazu      TÜV NORD

**Obr. 1** Příklad kapesního dokladu certifikace pracovníka nedestruktivního zkoušení

Každý certifikát má omezenou dobu platnosti. Platnost certifikátu se počítá od data vydání certifikátu a platí následujících 5 let. Po skončení prvních 5 let platnosti certifikátu lze certifikát prodloužit pouze žádostí, po dalších 5 letech je nutné složit zkoušku znovu. Při žádosti o prodloužení musí být doloženo ověření zrakových schopností a doklad o provádění praxe v daném oboru. Žádost o prodloužení musí být podána 6 měsíců před koncem platnosti. Ve výjimečných případech může certifikační orgán přijmout žádost podanou později. Recertifikační zkoušku může uchazeč opakovat dvakrát, pokud ani tak nesplní požadavky zkoušky, nemůže dojít k obnově certifikátu, ale uchazeč musí certifikát plnit celý znovu [5].

## 4 Současná situace v certifikaci pracovníků dle ČSN EN ISO 9712

Při provádění certifikace pracovníků se stále vyskytují nové problémy a požadavky, které je nutné vyřešit. Současná platná norma se používá již od roku 2013 a současný průmyslový trh se mění každým rokem. Objevují se proto problémy, které současnou normou nejsou řešeny ani popsány, či v praxi dochází k obcházení znění dané normy a je proto nutné zpřísnit její požadavky tak, aby nedocházelo k porušování podmínek nutných k certifikaci. Ve světě se také rozšiřuje automatizace činností, buď pomocí robotických systémů, nebo zaváděním počítačových programů, na které je také třeba v rámci předpisů reagovat.

### 4.1 Problém s nedostatečnou praxí personálu nedestruktivního zkoušení

Ověřování praxe pracovníků provádějící NDT zkoušky předepsané v platné normě ČSN EN ISO 9712 je hodnoceno pouze dle počtu hodin. Počet hodin praxe je stanoven přímo pro každý stupeň kvalifikace a je ověřován pouze zaměstnavatelem, který musí doložit doklad danému certifikačnímu orgánu. V současné době se objevily případy, kdy zaměstnavatelé falšují tyto doklady a umožňují získání certifikátu pracovníkům s nedostatečnou praxí. Zkoušky certifikačních orgánů lze splnit dostatečným naučením opakujících se principů, které dokáže pracovník i bez požadované praxe a certifikační orgány proto tyto podvody neodhalí [9].

V roce 2017 bylo prokázáno falšování praxe u certifikačního orgánu PCN z Velké Británie. PCN provozovalo v 7 školících střediscích v Indii falešné certifikační zkoušky a doklady o praxi uchazečů. Po zjištění bylo odebráno 3 000 vydaných certifikátů v těchto střediscích. Po nápravě zjištěných nedostatků má dnes PCN opět akreditaci na provoz školících středisek [9].

Abychom zamezili falšování údajů o prováděné praxi, musí dojít ke změně v přístupu u zaměstnavatelů i pověřených certifikačních orgánů. Zaměstnavatel je zodpovědný za své zaměstnance a jejich možné chyby při zkoušení. Zodpovědnost nespadá na certifikační orgán, který vydal certifikaci pracovníkovi, který pochybil, ale veškerou zodpovědnost má vždy zaměstnavatel [9].

K ověření praxe může zaměstnavatel přijmout dalšího zodpovědného člověka, který bude na plnění postupů při zkouškách dohlížet. Nezáleží totiž jen na odpracovaných hodinách zaměstnance, ale také na kvalitě uskutečněných zkoušek a možnosti provádění praxe nezkušeného pracovníka pod vedením zkušenějšího [9].

Pověřené certifikační orgány mohou změnit požadavky na dokládání prováděné praxe od zaměstnavatelů – např. nepožadovat pouze hodiny praxe, ale požadovat záznamy s podpisy ke každému dni praxe, nebo seznam požadavků pro splnění s podpisy dozorujícího zaměstnance. Pokud při provádění zkoušky uchazeč daný bod nebude ovládat a nesplní ho, bude mít certifikační orgán důvod se více zabývat jeho praxí a doloženými doklady jeho zaměstnance a případnému falšování takto předcházet [9].

Certifikační orgán ASME na tyto problémy zareagoval a vytvořil ASME ANDE-1, nezávislý certifikační orgán, který se snaží předcházet podvodům při dokládání praxe a zamezit i jiným chybám při certifikaci. Ke změnám v certifikaci došlo v mnoha oblastech. Požadováno je minimálně středoškolské vzdělání uchazečů oproti normě ČSN EN ISO 9712, kde je dostačující vzdělání základní. Ke zpřísnění došlo i při prokazování zrakové způsobilosti, které je možno ještě upravit dle požadavků daného průmyslového odvětví. Certifikační zkouška je rozdělena na zkoušku písemnou a praktickou demonstraci schopností. Před skládáním této zkoušky musí uchazeč předložit kvalifikační kartu, kde jsou popsány jednotlivé úkony s podpisy dohlízejících osob, které potvrzují provádění požadované praxe. Pokud tyto činnosti nebude schopen uchazeč provést při zkoušce, je možné že došlo k falšování zápisů a odpovědnost spadá na dohlízejícího pracovníka s certifikátem stupně 3. Změna nastala také v přípravě vzorků, kdy nemusí každý vzorek obsahovat vadu, aby byla zkouška nejbližší reálným zkouškám. Prodlužování certifikátu se provádí pomocí zaslání kvalifikační karty, která obsahuje nutné požadavky provádění zkoušek za každý rok. Tento způsob certifikace je velmi inovativní a možná povede ke zkvalitnění nedestruktivního zkoušení [11].

## **4.2 Vytvoření softwaru pro certifikační zkoušky**

V platné normě ČSN EN ISO 9712 je hodnocení zkoušek pomocí počítačového softwaru povoleno. V normě není nijak definován vyhodnocovací program, avšak je patrné, že musí splňovat stejné požadavky jako vyhodnocování testů v papírové formě. Mezi nejdůležitější požadavky patří nestrannost systému a nepředvídatelnost otázek. Vyhodnocování pomocí

počítače může pozitivně ovlivnit systém certifikace zamezením možnosti chybování vyhodnocovatelů zkoušek a celkovému urychlení času trvání zkoušení. Možnost vyhodnocování pomocí PC programu záleží na pověřených certifikovaných orgánech, které mohou zvolit komerční program, nebo si vytvořit svůj vlastní zkušební software. Vkládání testových otázek a celkový způsob průběhu testu a jeho vyhodnocení záleží na preferencích certifikačního orgánu. Vzhledem k faktu, že v dnešní době přichází automatizace do většiny oblastí průmyslu, lze samostatné provádění zkoušek jen těžko zautomatizovat, protože každý zkušební vzorek a jeho požadavky jsou zcela jedinečné, proto alespoň částečná automatizace při školení pracovníků by mohla usnadnit a zrychlit jejich certifikační proces [12].

Praktická zkouška a její hodnocení je přímo popsáno v platné normě. Vyhodnocení provádí zkušební komisař pomocí daných tabulek s bodovým ohodnocením pro každou činnost. V tabulkách pro přiřazování bodů jsou však obodovány i úkoly, které jsou velmi jednoduché a na prokázání dostatečných znalostí v oblasti nedestruktivního zkoušení nemají vliv, například uložení přístroje po ukončení zkoušky na příslušné místo v krabici, které je hodnoceno 1 bodem. Při tomto tabulkovém hodnocení není nijak možné zhodnotit například fatální chyby uchazeče při vyhodnocování vzorku. Pokud uchazeč zcela nesprávně vyhodnotí výsledky zkoušky, může i tak získat dostatek bodů nutný pro úspěšné splnění certifikační zkoušky. Zkoušení komisař tomuto nemůže nijak zabránit. Nabízelo by se vytvoření jiného hodnotícího bodování, který by byl schopen lépe vyhodnotit práci uchazečů [13].

#### **4.3 Sjedení celosvětového normalizačního systému certifikace pracovníků**

Kvůli prolínání pracovníků z různých států s různými certifikáty vznikají problémy při uznávání platností jejich certifikací. Protože neexistuje jedna globální norma, který by byla uznána a vydávána ve všech státech, není předem jisté ani uznání naší certifikace dle ČSN EN ISO 9712 mimo Českou republiku. I když se všechny normy vytváří ze společného základu normy ISO 9712 nejsou ve všech bodech stejné. Stává se, že některé firmy akceptují pouze některé certifikace, i když nelze nijak potvrdit nekvalitnost certifikátů, které nepodporují. Některé certifikační orgány spolu spolupracují a podporují se navzájem. Například existuje spojení mezi APC a SECTOR CERT, i když pravidlo uznání certifikátů mezi těmito společnostmi nemusí platit vždy. Určitým řešením by bylo zavedení jednotného evropského certifikačního orgánu, který by vydával jednotné certifikace, které by byly následně uznané minimálně ve všech státech Evropské unie [14].

#### **4.4 Nedostatečný popis certifikace pracovníků v nově vznikajících metodách**

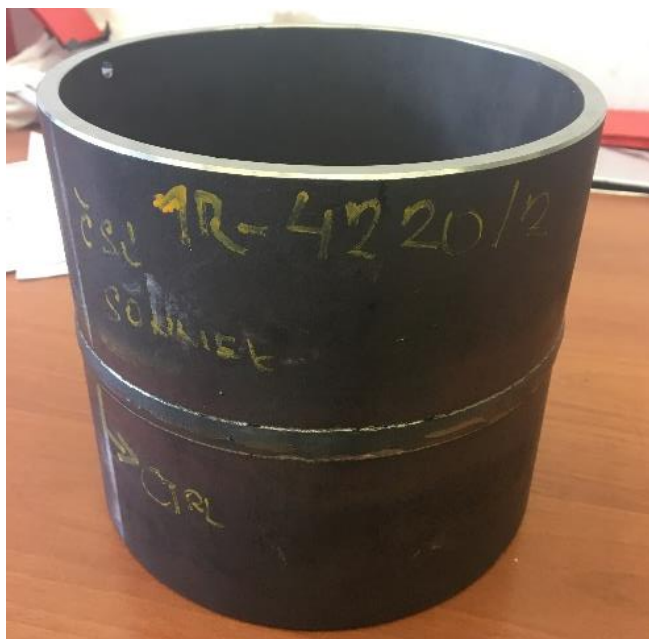
Při tvoření nové normy ČSN EN ISO 9712 byly přidány do seznamu metod nedestruktivního zkoušení dvě další nové metody - zkoušení infračervenou termografií a zkoušení tenzometrické. I přes to, že nové NDT metody stále vznikají, nejsou vždy ještě plně normalizované (např. zkoušení tenzometrické). Dalším příkladem s komplikovaným certifikačním procesem může být digitální průmyslová radiografie, která je podle dnes platné normy řazena mezi radiografické metody [15].

Digitální radiografie je metoda nedestruktivního zkoušení, při které je výstupem digitální obraz. Metodu rozdělujeme na další oblasti: radioskopie, počítačová tomografie, digitalizace filmových negativů, počítačová radiografie a digitální radiografie. Odlišnost metod spočívá ve tvorbě digitálního snímku, a proto je i rozdílná potřebná certifikace pracovníků. Obecné školení pouze pro radiografické metody nestačí, proto je nutné provést doplňující školení, které nastaví certifikační orgán. Doplňující školení není nijak obecně popsáno, tedy nemusí si školení prováděné jinými certifikačními orgány zcela odpovídat. V jiných certifikačních systémech se radiografická metoda dále specifickěji rozděluje. Podle NAS 410 dochází k rozdělení pouze na metodu filmovou a nefilmovou, podle SNT-TC-1A dochází k rozdělení do 4 částí: radiografické zkoušení, počítačová tomografie, digitální radiografie a počítačová radiografie. V tomto druhu certifikace je nejpodrobněji popsána požadovaná certifikace pracovníků pro digitální radiografii. Přesné definování požadavků školení je nutné pro platnost, jednoznačnost a srovnatelnost mezi různými certifikačními orgány i systémy [15].

## 5 Experimentální část

V experimentální části mé bakalářské práce jsem se zabývala procesem realizace vybraných nedestruktivních zkoušek. Pod dohledem certifikovaného pracovníka jsem se podílela na provedení měření a vyhotovení požadovaných analýz v rámci objednávky na nedestruktivní zkoušení pro Český svářečský ústav s.r.o. ve spolupráci s firmou Controltest, s.r.o. Měření probíhalo na RTG pracovišti A-bloku v areálu BorsodChem MCHZ, s.r.o. pod vedením pana Jiřího Jančara, který má veškeré nutné certifikace, oprávnění k provádění těchto metod a vyhodnocování výsledků zkoušek.

Zkouška byla prováděna dle požadavků dané firmy (viz **Příloha 1**). Bylo kontrolováno provedení oboustranného BW spoje na trubce o průměru 220 mm a tloušťce stěny 8 mm (viz **obr. 2**). BW spoj označuje tupý svarový spoj. Svar byl proveden metodou MAG 135 na automatizovaném pracovišti. Jedná se o obloukové svařování pod tavící se elektrodou v aktivním plynu (oxid uhličitý nebo jeho kombinace s inertním plynem-argonem). Zákazníkem bylo požadováno provedení zkoušky prozářením dle ČSN EN ISO 17636-1 a zkoušky magnetické práškové dle ČSN ISO EN 17638 včetně vyhodnocení nalezených indikací.



**Obr. 2** Zkušební vzorek pro NDT analýzy

### 5.1 Zkouška prozářením

Prozařovací metody jsou založeny na principu schopnosti krátkovlnného fotonového záření prostupovat zkoušeným objektem, kde dochází k interakci záření s materiálem objektu. Svazek ionizujícího záření se stává nositelem požadované informace o objektu, kde mírou informace je lokální změna hustoty toku částic ve svazku, resp. změna energie částic. Zeslabení záření je ovlivněno hustotou a tloušťkou zkoušeného materiálu. Svazek ionizujícího záření je následně detekován záznamovým prostředkem (film, paměťová fólie, detektor). Pokud je např. v materiálu vada o menší hustotě než její okolí či je v daném místě menší tloušťka materiálu,



na záznamové médium pronikne záření s větší intenzitou než v místě, kde je materiál zcela bez vad či s větší tloušťkou. Větší hustota dopadajícího záření (vyšší energie dopadajících částic) způsobí v konečném důsledku větší zčernání filmu a tím zviditelnění defektu. Pokud je v daném místě naopak větší tloušťka materiálu či např. vměstek s větší hustotou než jeho okolí, dojde k většímu zeslabení procházejícího záření a na filmovém pásu se tato vada jeví jako světlejší oblast. Hodnota zčernání je označována písmenem D. Průběh zčernání je popsán tzv. D-křivkou a její průběh je ovlivněn výběrem filmu, typem fólie, druhem záření a podmínkami při vyvolávání filmu [1].

Na zkoušeném předmětu může být umístěno olovněné měřítko s délkovými mírami, které slouží pro určení úseku svaru při následném hodnocení. Zkoušený předmět se také označí olovněnými písmeny pro jednoznačnou identifikaci vytvořeného snímku. Olovo způsobí, že označení je jasné a zřetelně čitelné díky své vysoké hustotě – záření významně odstíní. Společně s označením snímku musí být na filmu jasně viditelná kontrolní drátová měrka, dle které se kontroluje výsledná jakost radiogramu [1].

Kontrolní měrka (viz **obr. 3**) se skládá z 19 drátků rozdělených do 7 skupin. Drátky různých průměrů jsou rozděleny rovnoběžně vedle sebe a uspořádány od nejtlustšího po nejtenčí. Označení měrky se skládá ze zkratky pro materiál drátků, označení nejtlustšího drátku a označení ISO. Měrka je umístěna na místo, kde je tloušťka zkoušeného materiálu nejrovnoměrnější. K hodnocení kvality obrazu se sleduje viditelnost nejtenčího drátku dané měrky. Musí jít viditelně rozpoznat nejméně 10 mm nepřerušené délky drátku měrky. Existují kontrolní měrky stupňové, otvorové a drátkové. Měrky neslouží k vyhodnocování dat, ale pouze ke kontrole podmínek při provádění zkoušky. V České republice se nejčastěji využívají měrky drátové dle normy ČSN EN 462-1, ale například ve Francii a Itálii se používají měrky otvorové (viz **obr. 4**). Viditelnost drátků je pro lidské oko větší než viditelnost otvorů a destiček [1].



**Obr. 3** Příklad kontrolní drátové měrky [17]



**Obr. 4** Příklad kontrolní otvorové měrky [18]

### 5.1.1 Nastavení požadavků zkoušky

Zákazníkem byl v případě zkoušky prozařováním v objednávce (viz **Příloha 1**) požadován stupeň přípustnosti 1 dle ČSN EN ISO 10675 a provedení v třídě B, která je citlivější. Podmínky zkoušení byly stanoveny dle normy ČSN EN ISO 17636-1. Nastaven byl počet expozic  $N=9$ , tedy rozdělení obvodu svaru na 9 snímků po 8 cm délky svaru. Při vyhodnocování se musí dané snímky překrývat, aby nedošlo k vynechání některého místa na obvodu trubky a přehlednutí výskytu vady na vzorku. Z tabulky B.3 přílohy B v ČSN EN ISO 17636-1 vyplývá, že je požadována minimální jakost obrazu reprezentována drátkem W15, která odpovídá tloušťce stěny vzorku 8 mm ve třídě jakosti B. Použita byla drátková měrka 13/W16. Třída filmového systému C3 byla zvolena v souladu s ČSN EN ISO 17636-1. Vyhodnocování probíhalo na film Agfa D4 10x16 cm [19].

Maximální hodnota potřebného urychlovacího napětí RTG lampy pro náš zkušební vzorek byla dle ČSN EN ISO 17636-1 asi 160 kV. Zároveň bylo třeba toto napětí nastavit pokud možno co nejnižší - pro dosažení dobré citlivosti. Nejprve bylo tedy dle zmiňované normy stanoveno napětí 150 kV s časem expozice 1,8 min, avšak čas expozice bylo nutné následně změnit, protože po prvním zkušebním testu vyšel snímek, který nesplňoval kritéria kvůli vysoké hodnotě zčernání D. Čas expozice byl poté zkrácen na 1,5 min.

Prozáření zkušebního vzorku se provádělo s pomocí mobilní rentgenové lampy Seifert Eresco 42MF (viz **obr. 5**). Zkoušený vzorek byl řádně označen olovněnými písmeny, byl na něm upevněn olovněný metr a zvolena odpovídající drátová měrka. Umístění RTG zdroje bylo zvoleno na vnější straně trubky s filmem na vnitřní straně – v ČSN EN ISO 17636-1 je tento způsob uspořádání označen 7.1.3.



**Obr. 5** Přehledový snímek z průběhu zkoušky prozařováním

Po provedení všech 9 expozicí byly naexponované filmy vyvolány v automatickém vyvolávacím systému, který zajišťuje stálé podmínky pro vyvolávání. V průběhu vyvolávacího procesu byla kontrolována teplota vývojky i ustalovače, čas vyvolávání a ustalování. Následně byly filmy zkontrolovány, zda jsou kvalitní a hodnota zčernání je v pořádku. S využitím negatoskopu (matná deska osvětlená ze zadní strany světelnými zdroji – viz **obr. 6**), jsme vyhodnotili získané filmy a určili, zda kontrolovaný vzorek vyhovuje podmínkám normy v stupni SP1 dle ČSN EN ISO 10675.



**Obr. 6** Příklad negatoskopu [20]

### 5.1.2 Vyhodnocení zkoušky

V protokolech jsou všechny vady označovány pod určitými čísly (viz **Tabulka. 7**) dle normy ČSN EN ISO 5817 a také jsou podle ní hodnoceny, zda jsou přípustné, nebo podmínky nesplňují. Parametry hodnocení jsou dle velikosti, hloubky, četnosti výskytu vad a některé vady pro určité stupně přípustnosti nejsou přípustné nikdy.

**Tabulka. 7** Příklady označení vad dle ČSN EN ISO 5817

Základní druhy vad a jejich značení dle ČSN EN ISO 5817			
Referenční číslo podle ISO 6520-1	Název vady	Referenční číslo podle ISO 6520-1	Název vady
100	trhlina	304	kovové vměstky
2011, 2012	pórovitost	3042	měděný vměstek
2013	shluk pórů	401	studený spoj
2014	řádek pórů	402	neprůvar
2015, 2016	protáhlý a červovitý pór	5011, 5012, 5013	zápal
202	staženina	504	nadměrně propadlý kořen
2024	kráterová staženina	5041	krápníky
301	struskový vměstek	601	dotek elektrodou
302	tavidlový vměstek	602	rozstřík
303	oxidický vměstek	515	hubený kořen

Pomocí rentgenové zkoušky jsou vyhodnocovány necelistvosti vnitřní struktury daného vzorku. Necelistvost je možné dalším technologickým postupem opravit (např. broušením a opětovným zavařením). Při vyhodnocování zkoušky byly objeveny tyto typy vad: studený spoj, pórovitost a neprůvar.

Studený spoj (viz **obr. 13, 14, 15**), značení 401, způsobí nedostatečné spojení materiálu, kdy došlo pouze k částečnému natavení svarového kovu a základního materiálu. Může být způsobený špatnou volbou elektrody s malým průměrem, vysokou rychlostí svařování, nedostatečným proudem svařování a nevhodnou polohou svařování. V negativu se tato vada projevuje jako rovná, tmavá čára. Pokud se jedná o studený spoj na úkosu, který v negativu nejde přímo vidět, je lepší prozářit materiál znovu ve směru úkosu [21], [22], [23].

Neprůvar (viz **obr. 9, 12, 15**), značení 402, je místo, kde nedošlo k provaření základního materiálu s kořenem svaru z jedné nebo obou stran. Velmi často se objevuje právě u metody svařování MAG. Způsobuje ho zejména velká rychlost svařování, malá mezera mezi úkosi, nízký svařovací proud a nedokonalá ochrana před vnějším prostředím. Parametry studeného spoje a neprůvaru se ve většině shodují, tedy tyto vady se často v materiálu nacházejí společně. Na snímku se projevuje jako tmavý pás ve středu svaru [21], [22], [23].

Pórovitost (viz **obr. 7, 10, 11**), označení 2011, se projevuje výskytem dutin vyplněných plynem, které mohou být sloučené v řadách, nebo se vyskytovat samostatně. Hodnocení pórovitosti se provádí na základě procentuálního zastoupení dutin v materiálu a na velikosti jednotlivých pórů. Tyto vady se vytvářejí při nedostatečné ochraně tavné lázně nebo vysoké vlhkosti při svařování. Ke zlepšení může dojít při změně ochranného plynu, nebo využití jiných elektrod při svařování. Vliv má také čistota svařovaných ploch. V negativu se póry projevují jako kulaté nebo oválné body, které mají větší zčernání než okolní svarový spoj [21], [22], [23].

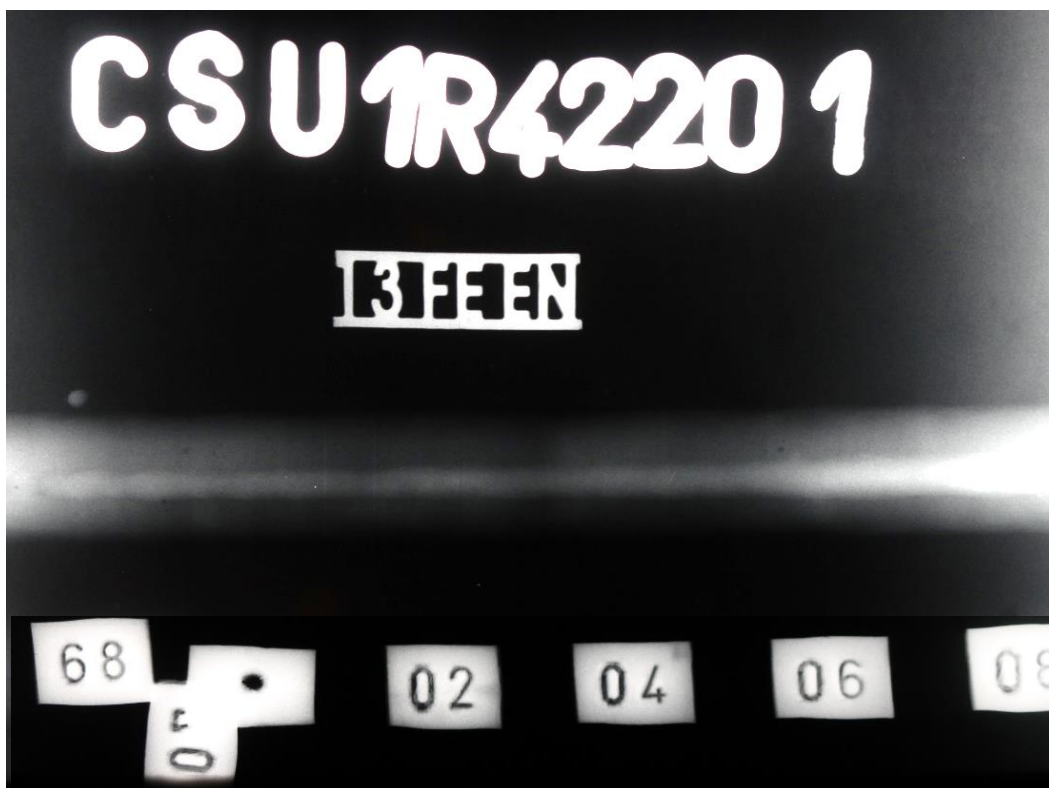
### 5.1.3 Hodnocení přípustnosti nalezených vad

Přípustnost nalezených vad je hodnocena dle ČSN EN ISO 10675-1. Nalezení vady v materiálu totiž nevede ihned k jeho nefunkčnosti a vyřazení. Přípustnost se posuzuje dle druhu vady a přípustného stupně, který je pro zkušenskou součást požadován. Pro vyhodnocovaný vzorek byla požadována přípustnost třídy B, stupeň přípustnosti 1 [23].

Pro požadovanou přípustnost jsou vady typu studeného spoje v materiálu nepřípustné. Snímky (viz **obr. 13, 14, 15**) byly vyhodnoceny jako nevyhovující pro danou přípustnost zkoušky. Nepřípustné je také nalezení neprůvaru ve zkušebním vzorku, proto snímky (viz **obr. 9, 12, 15**) také zkoušce nevyhovují. Nalezení pórovitosti (viz **obr. 7, 10, 11**) je přípustné a hodnotí se četnost výskytu jednotlivých pórů, velikost a délka. Snímky (viz **obr. 7, 11**) splňují požadavky zkoušky a jejich vady jsou přípustné, ale pór (viz **obr. 10**) byl vyhodnocen jako nepřípustný, protože překročil možnou velikost průměru póru. Pouze snímek (viz **obr. 7**) byl vyhodnocen zcela bez vad. Na snímku (viz **obr. 10**) je viditelná změna tloušťky svaru, jedná se o místo začátku a konce svařování pomocí automatu [23].

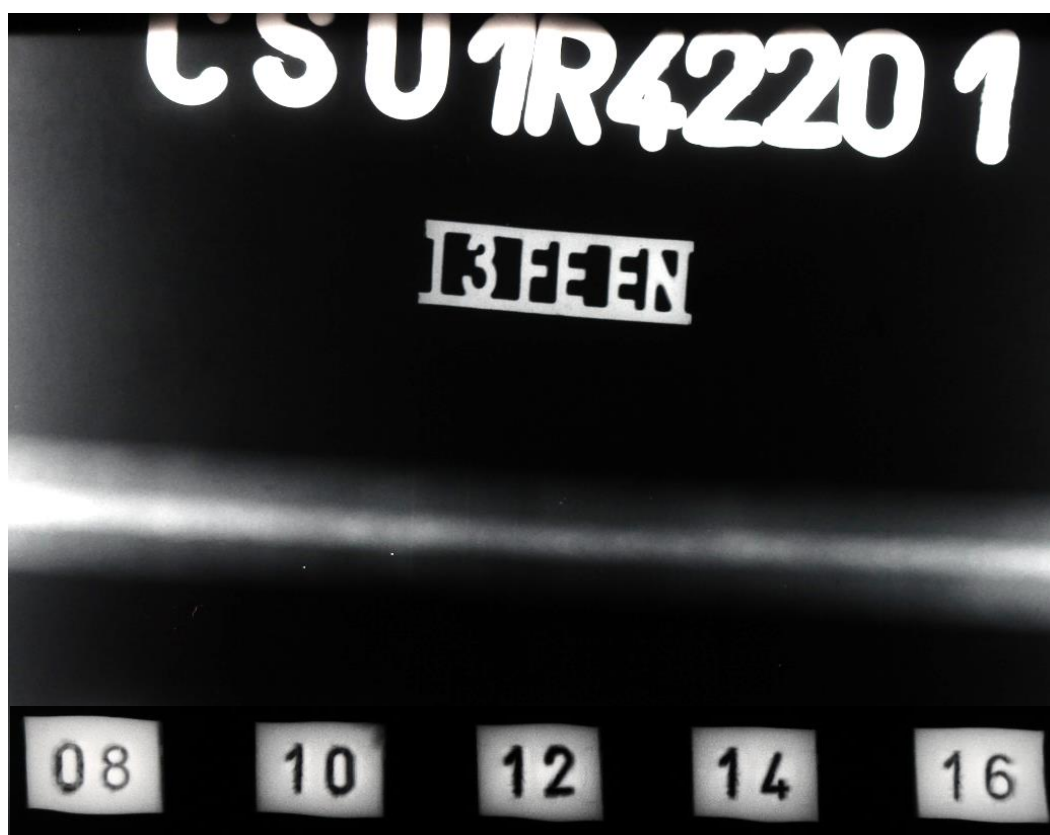
Výstupem provedení zkoušky bylo sepsání výstupního protokolu s hodnocením snímku (viz **obr. 16**) a sepsáním nalezených vad (viz **obr. 17**). Celkové provedení tupého svarového spoje bylo označeno jako nevyhovující z důvodu výskytu nepřípustných vad pro daný stupeň přípustnosti.

### 5.1.4 Dokumentace negativů

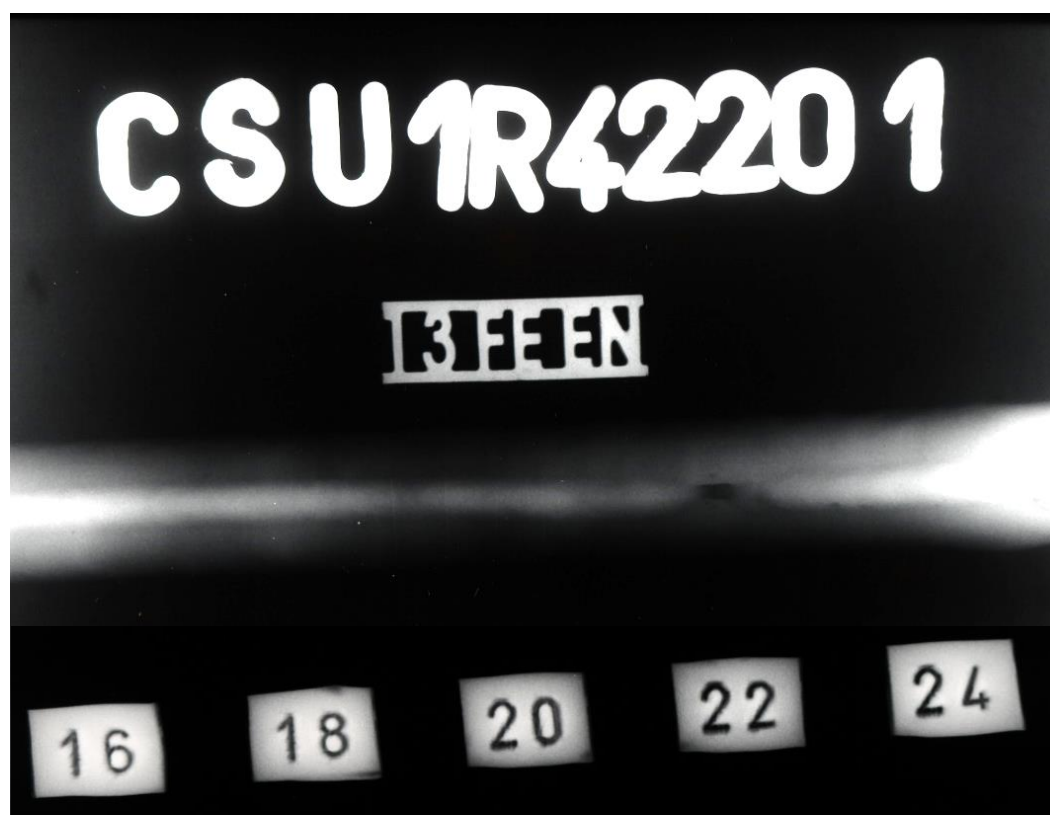


**Obr. 7** Snímek negativu hodnocené části 0-8 cm

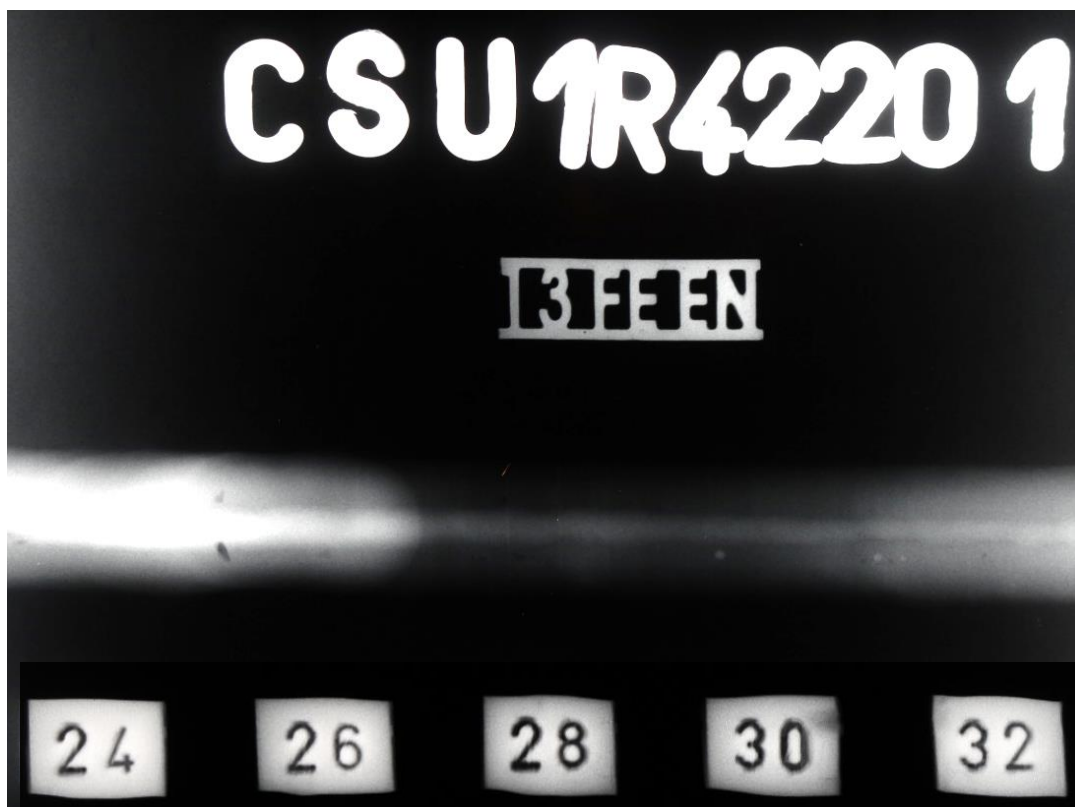




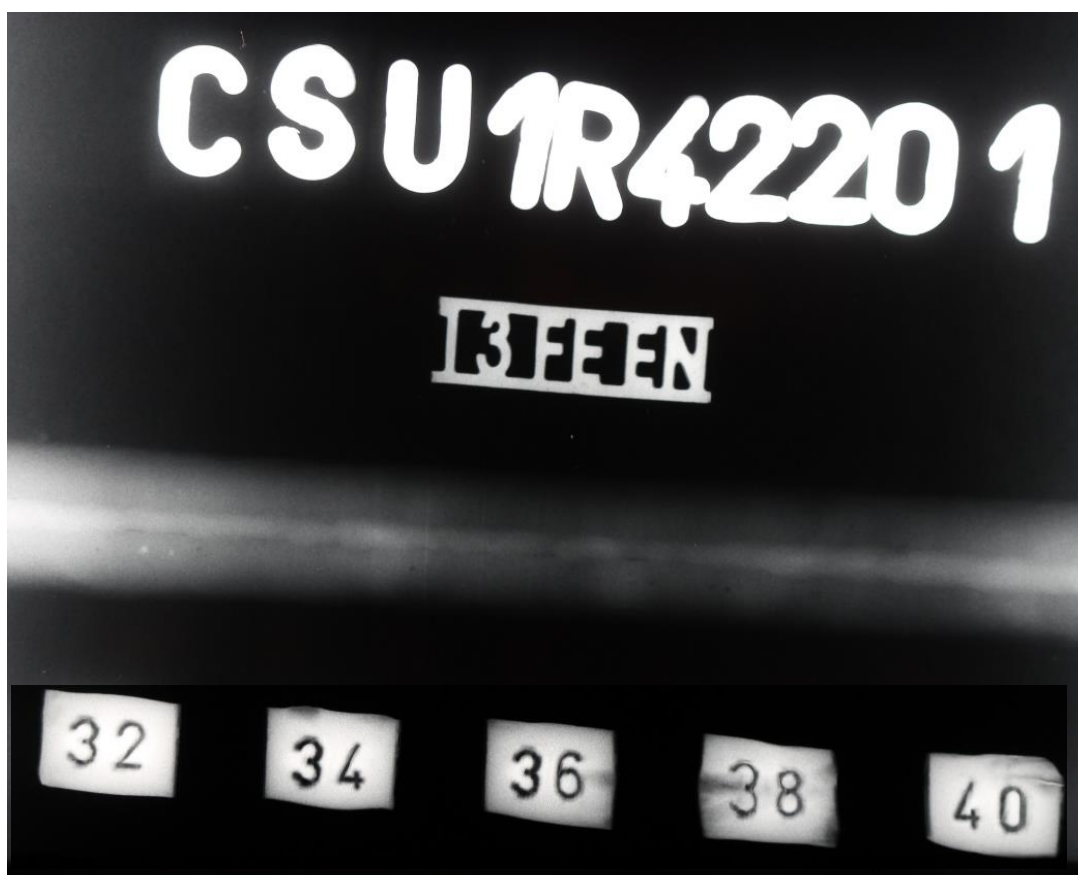
Obr. 8 Snímek negativu hodnocené části 8-16 cm



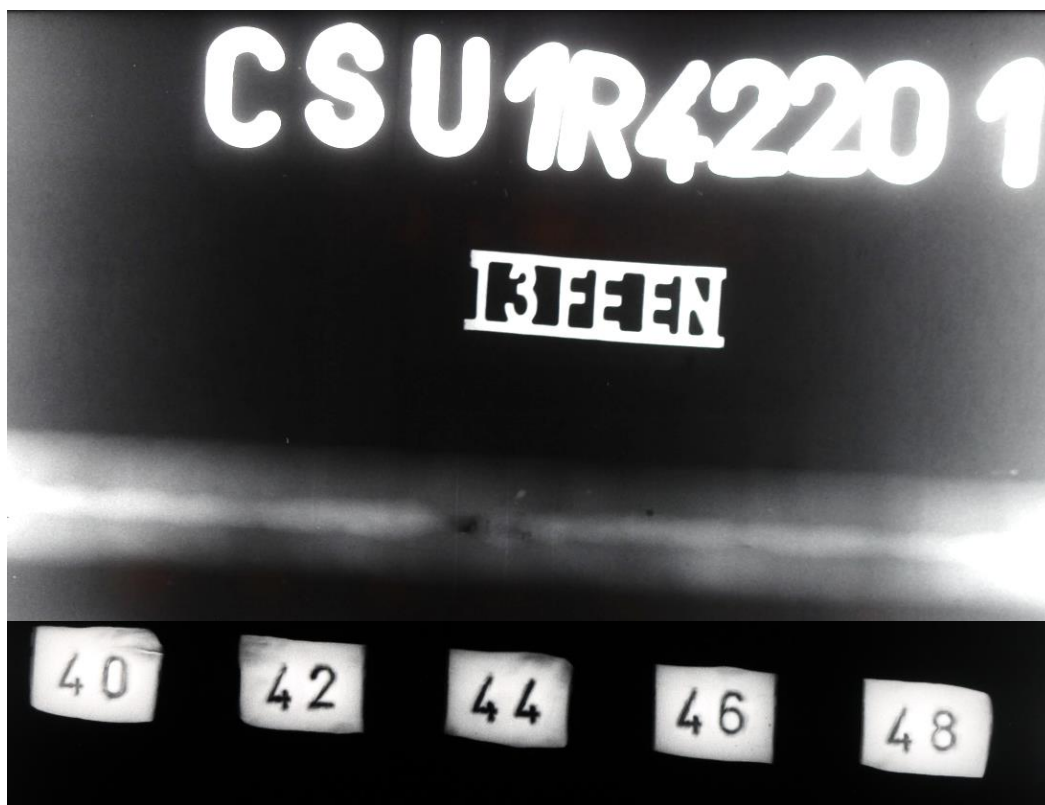
Obr. 9 Snímek negativu hodnocené části 16-24 cm



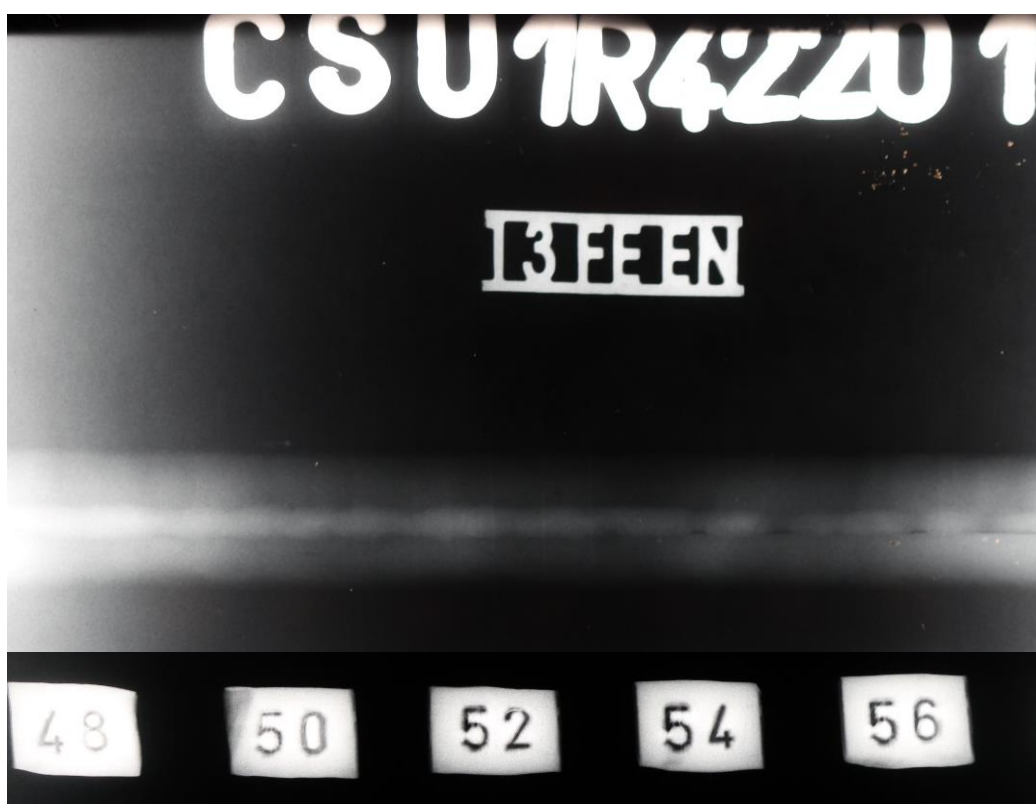
**Obr. 10** Snímek negativu hodnocené části 24-32 cm



**Obr. 11** Snímek negativu hodnocené části 32-40 cm

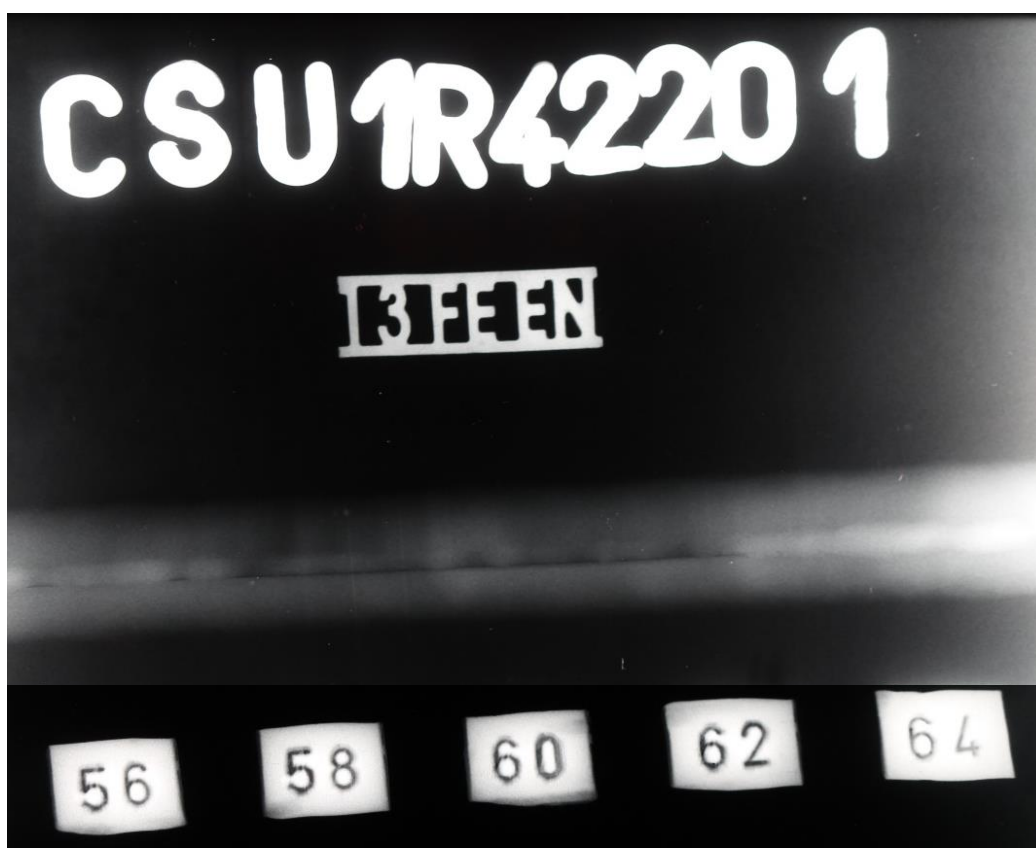


**Obr. 12** Snímek negativu hodnocené části 40-48 cm



**Obr. 13** Snímek negativu hodnocené části 48-56 cm










**Obr. 14** Snímek negativu hodnocené části 56-64 cm



**Obr. 15** Snímek negativu hodnocené části 62-0 cm

		 		Controltest, s.r.o. Zkušební laboratoř Boleslavova 901/7 709 00 Ostrava-Mariánské Hory Česká republika/Czech Republic	
Non-destructive testing of materials		Accredited testing laboratory No. 1610, ČIA - ČSN EN ISO 17025			
<b>Protokol o zkoušce/Examination record</b>					
Číslo protokolu/ Report No.:		ČSÚ/007-RT/2019			
Místo zkoušení/ Place of exam:		prozařovna BorsodChem MCHZ, s.r.o. Ostrava-Mariánské Hory <div style="float: right;">Strana/Page 1 z/of 2</div>			
Zákazník/ Customer:		Český svářečský ústav s.r.o., areál VŠB, 17.listopadu 2172/15, 708 33 Ostrava-Poruba			
Projekt/Project:		ZKUŠEBNÍ PROGRAM/TEST PROGRAM			
Zakázka číslo /Order No.:		1R 4220			
Předmět zkoušení(rozměr)/ Test object(dimension):					
Tupý svar na trubce /BW on the pipe - č. svaru 1R-4220/1 , Ø220 x 8 mm, poloha svařování PA s otáčením					
Způsob svařování/Process Welding:		135		Svar/Weld: BW	
Svařovací materiál/ Welding material:		P235GH + corgon 18			
Základní Materiál/Basic Material:		P235GH			
<b>Zkouška prozařováním RT/ Radiographic examination RT</b>					
Metoda zkoušení/ Method specification:					
ČSN EN ISO 17636-1, třída B					
Hodnocení/Evaluation:					
ČSN EN ISO 10675 - 1 (sp 1)					
Rozsah zkoušení/Extend of examination:		100%			
Tepelné zpracování/Heat treatment:		--			
Uspořádání/Arrangement:		7.1.3			
Zdroj/Source:		Film/Film:			
RTG lampa ERESKO 42 MF, Ser. No. 981637-38		9 x C3 - Agfa D4 (10x16 cm)			
Aktivita/Activity:		Napětí/Voltage: 140 kV		Fólie(přední/zadní)/Screens (front/back):	
--		Proud/Current: 4,5 mA		0,027 mm/0,027 mm Pb	
Měrka/IQI:		Umístění měřky/Location IQI:			
13 FE EN		<input checked="" type="checkbox"/> strana zdroje/side source <input type="checkbox"/> strana film/side film			
Velikost ohniska/Fokus size:		Způsob zpracování filmů/film process:			
3x1 mm		<input checked="" type="checkbox"/> automat <input type="checkbox"/> manual			
<b>Výsledek zkoušky/Result of examination</b>					
Nevyhovuje/Nonacceptable					
Technik/Operator:		Datum přijetí zkoušky/ Admission date:			
Jančar Jiří		15.02.2019			
Číslo certifikátu-kvalifikace/Certificate No.-level:		Datum zkoušky/Date of exam:			
NDT-0261-13/L II		16.02.2019			
Datum vystavení/Date issue of record:					
16.02.2019					
Schválil/Approved:					
Ing. Tesarčík Ivan					
Podpis a razítko:					
Signature and stamp:					

Obr. 16 Výstupní protokol rentgenové zkoušky část 1

						Controltest, s.r.o. Zkušební laboratoř Boleslavova 901/7 709 00 Ostrava-Mariánské Hory Česká republika/Czech Republic		
Non-destructive testing of materials		Accredited according to ČSN EN ISO 9001		No. 1610, ČIA - ČSN EN ISO 17025				
<b>Zkouška prozařováním RT - příloha/ Radiographic examination RT - enclosure</b>								
<b>Číslo protokolu/ Report No.:</b>						<b>ČSÚ/007-RT/2019</b>		
<b>Místo zkoušení/ Place of exam:</b>			<b>Zákazník/Customer:</b>					
prozařovna BorsodChem MCHZ, s.r.o. Ostrava-Mariánské Hory			Český svářečský ústav s.r.o., areál VSB, 17.listopadu 2172/15, 708 33 Ostrava- Poruba					
						<b>Strana/Page 2 z/of 2</b>		
Číslo filmu/kusu Film No./Item No.:	Č. zkoušky/ úsek No. of trial/section	Rozměr/ Dimension: (mm)	Měrka/ IQI:	Fokus/ F.F.D.(mm)	Zčernání Density	Expozice Exposure	Vyhodnoceno dle/ Evaluation acc.: ČSN EN ISO 10675 -1	
							Vyhodnocení/ Evaluation/	
1R-4220/1	0-8	Ø220 x 8 mm	W16	600,0	3,7	1,5 min	2011	vyhovuje/acceptable
	8-16	Ø220 x 8 mm	W16	600,0	3,7	1,5 min	--	vyhovuje/acceptable
	16-24	Ø220 x 8 mm	W16	600,0	3,7	1,5 min	402 (22 cm)	nevyhovuje/nonacceptable
	24-32	Ø220 x 8 mm	W16	600,0	3,7	1,5 min	2011 (25 cm)	nevyhovuje/nonacceptable
	32-40	Ø220 x 8 mm	W16	600,0	3,7	1,5 min	2011	vyhovuje/acceptable
	40-48	Ø220 x 8 mm	W16	600,0	3,7	1,5 min	402 (44 cm)	nevyhovuje/nonacceptable
	48-56	Ø220 x 8 mm	W16	600,0	3,7	1,5 min	401 (55-60 cm)	nevyhovuje/nonacceptable
	56-62	Ø220 x 8 mm	W16	600,0	3,7	1,5 min	401 (55-62 cm)	nevyhovuje/nonacceptable
62-0	Ø220 x 8 mm	W16	600,0	3,7	1,5 min	402 (66 cm)	nevyhovuje/nonacceptable	
<b>Druhy vad/Kinds of defect:</b>								
100 - trhлина/crack 2011,2012 - pórovitost/porosity 2013 - shluk pórů/localized porosity 2014 - řádek pórů/linear porosity 2015,2016 - protáhlý a červovitý pór/longated cavity 202 - staženina/shrinkage 2024 - kráterová staženina/shrinkage cavity 301 - struskový vměstek/inclusion 302 - tavidlový vměstek/solid inclusion 303 - oxidický vměstek/oxide inclusion 304 - kovové vměstky/metallic inclusion 3042 - měděný vměstek/cooper inclusion 401 - studený spoj/lack of fusion 402 - neprůvar/incomplete penetration 5011,5012,5013 - zápal /undercut 504 - nadměrně propadlý kořen/excensive penetration 5041 - krápníky/local protrusion 601 - dotek elektrodou/stray flash or arc strike 602 - rozstřík/spatter 515 - hubený kořen/ root concavity								
<b>Vysvětlivky/Explanatory</b>								
R - oprava/repair S - povrch/surface				F.D. - vada filmu/film defect T.D. - technická vada/technical defect				
<b>Technik/Operator:</b> Gold Stanislav						<b>Datum přijetí zkoušky/Admission date:</b> 15.02.2019		
<b>Číslo certifikátu-kvalifikace/Certificate No.-Level:</b> NDT-0304-13/level II						<b>Datum zkoušky/Date of exam:</b> 16.02.2019		
<b>Datum vystavení/Date issue of record:</b> 16.02.2019								
<b>Schválil/Approved:</b> Ing. Tesařík Ivan <b>Podpis a razítko</b> <b>Signature and stamp:</b>								
Výsledky zkoušky se týkají pouze zkoušeného předmětu. Protokol nesmí být bez písemného souhlasu skutečně reprodukován jinak než celý. Test results relate only to the tested items. The record shall be reproduced only entire except causes with written approval of the laboratory.								

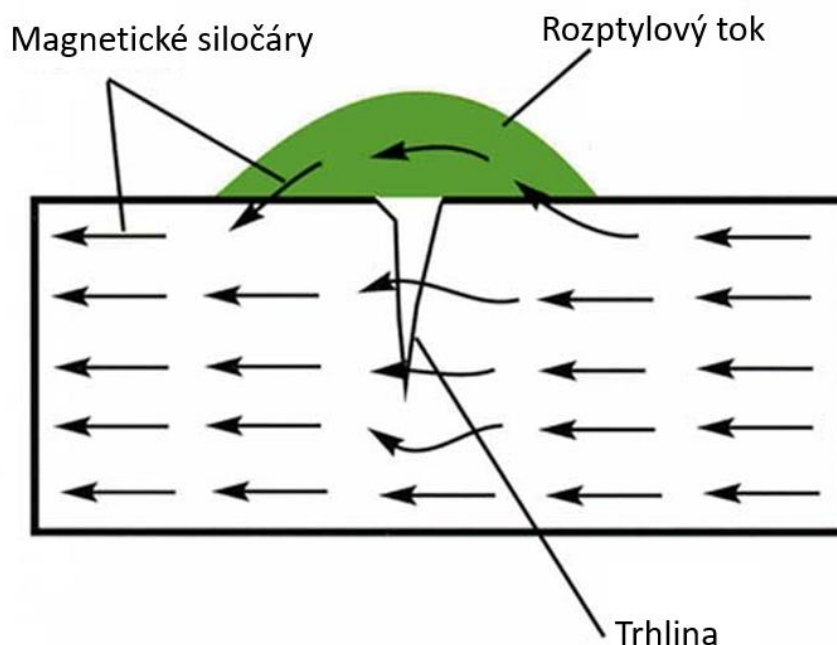
**Obr. 17** Výstupní protokol rentgenové zkoušky část 2

## 5.2 Magnetická zkouška prášková

Tato metoda byla prováděná na stejném zkušebním vzorku, na který byly kladeny požadavky dle ČSN EN ISO 23278, stupeň přístupnosti 2X. Písmeno X znamená splnění požadavků pro stupeň 1 pro lineární indikace, pro ostatní indikace (nelineární a shluky) platí SP2.

Magnetická zkouška lze provádět pouze na feromagnetických látkách. Feromagnetické látky (slitiny železa, niklu, kobaltu) mají vysokou relativní permeabilitu, schopnost zesilovat magnetické pole, a tím umožňují prostup magnetického pole svým objemem. Látky diamagnetické a paramagnetické magnetickou práškovou metodou zkoušet nelze, protože trhliny v těchto materiálech nijak neovlivní průchod magnetického pole [24].

Metoda je založena na skutečnosti, že v zmagnetovaném feromagnetickém materiálu se v místě necelistvosti (nebo náhlé změny magnetických vlastností) zvýší magnetický odpor, který způsobí deformaci magnetického pole označovanou jako rozptyl. Rozptylem se rozumí ta část magnetického toku, která probíhá mimo předpokládanou dráhu, např. u povrchové vady vystoupí z magnetovaného předmětu nad jeho povrch do vzduchu, vlivem magnetické vodivosti vzduchu vadu překlene a za vadou se opět šíří předmětem dále. Výstup je způsoben skokovou změnou mezi relativní permeabilitou vzduchu a feromagnetického vzorku. Siločáry vystupují v místě trhliny ze zkoušeného vzorku ve tvaru oblouku, který nám umožňuje zviditelnění vady zkoušeného vzorku (viz **obr. 18**). Vliv na tvar rozptylového toku mají parametry vady v materiálu. Vady úzké a dlouhé se projeví větším rozptylovým tokem než vady kruhovitěho tvaru [1], [21], [24].



**Obr. 18** Znázornění magnetického rozptylového toku v materiálu s trhlinou [25]

Pro zviditelnění vady, musí být zajištěna dostatečná intenzita magnetického toku procházející materiálem. Pokud není intenzita dostačující, siločáry se trhlině v materiálu vyhnou a nevystoupí na povrch, tedy nedojde k jejich indikaci [21], [24].

Kontrola intenzity se provádí pomocí měrek, na kterých musí dojít k indikaci umělých trhlin, které jsou na nich vytvořeny. Měrky se používají k ověření podmínek pro průběh zkoušky a kontrole měřicího přístroje. Nejčastěji se používá měrka Bertholdova (viz **obr. 19**), měrky ASTM a měrky MTU. Při zkoušení vzorku bylo kontrola provedena pomocí Bertholdovy měrky [1], [21], [24].



**Obr. 19** Bertholdova měrka

Při každém provádění zkoušky je nutné správně nastavit intenzitu proudu a magnetického pole pro zkoušený průřez vzorku. Nastavení intenzity proudu a magnetického pole lze pouze na elektromagnetech. Trvalé magnety způsobují konstantní magnetické pole. Zkušební zařízení dělíme na stacionární zařízení a mobilní zařízení. Stacionární zařízení se používá při zkoušení trubek a tyčí, mobilní zařízení jsou určena pro zkoušení svarových spojů velkých rozměrů nebo tvarově složitých odlitků. Mezi mobilní zařízení patří ruční magnetizační jho (viz **obr. 20**), které je v praxi často využíváno. Jho má pouze omezenou regulaci magnetického toku a procházejícího proudu. Při provádění experimentu, bylo použito magnetické jho Helling UM8 [24].





**Obr. 20** Příklad ručního magnetického jho [26]

Při použití obou typů měřících zařízení je nutné provedení zkoušky dvakrát, aby došlo k průchodu magnetického pole oběma směry a zviditelnění všech vad. Vady vyskytující se rovnoběžně s průchodem magnetického toku se neindikují na povrchu vzorku. K nejlepší indikaci dochází při umístění vady kolmo na průběh siločar. Rozhodující je také hloubka vady, pokud se vady vyskytuje dále, než 10 mm pod povrchem materiálu k iniciaci trhliny nedojde, protože indikace trhlín prudce klesá se zvyšující se podpovrchovou vzdáleností [24], [27].

K zviditelnění vyskytujících se vad v materiálu se používají magnetické zkušební prášky. Tyto prášky mají vysokou permeabilitu, propustnost magnetického pole, a dostatečnou přilnavost, aby nedocházelo k indikaci falešných vad. Pro zviditelnění vad se používají barevné a fluorescenční magnetické zkušební prášky. Pomocí různých nosných médií se tyto prášky nanáší na vzorky. Existují také zkušební prášky ve spreji, které jsou na bázi olejové suspenze. Při experimentu byla dále použita bílá barva ve spreji Fluxo 4 white a černá barva ve spreji Fluxo 3 black (viz **obr. 21**) pro potlačení barvy pozadí [21], [27].



**Obr. 21** Příklad barevného magnetického prášku ve spreji na bázi olejové suspenze

Při vyhodnocování povrchu zkušebního vzorku se musí ověřit, zda jsou viditelné skutečné podstatné vady, nebo vady nepodstatné a falešné. Falešné vady jsou považovány škrábance, změny průřezu, nerovnosti povrchu a přítomnost rzi. Nepodstatné vady jsou drážky a rozdíly mezi odlišnými strukturami v materiálu. Skutečné vady se rozdělují na vady lineární a kruhové. Mezi lineární vady jsou považovány vady, které mají délku trojnásobně větší než šířku. Za vady kruhové považujeme vady ostatní. Nalezené vady musí ohodnotit pracovník minimálně s kvalifikačním stupněm 2. Dokumentace vad se dnes provádí téměř výhradně pomocí digitální fotografie (dříve také obtiskem na magnetickou nebo průhlednou lepicí pásku) [24], [27].

Při certifikaci pracovníků se ověřuje jejich zraková způsobilost, která je nutná pro správné vyhodnocování. Předepsáno je také vhodné osvětlení zkušebního pracoviště, kvůli správné indikaci zobrazených vad na zkušebním prášku. Předepsaná hodnota je nejméně 500 luxů, která se měří pomocí luxmetru [27].

Po dokončení prováděné magnetické práškové zkoušky mohou být předměty zmagnetizovány. Zejména po provádění magnetizace pomocí stejnosměrného proudu. Při proudu střídavém je zbytková magnetizace menší. Zbytková magnetizace je měřena pomocí Hallovy sondy. Na Hallově sondě se naměří Hallovo napětí, které je úměrné zbytkové magnetické indukci. Zmagnetizování negativně ovlivňuje funkci měřících přístrojů, na povrchu vzorku se mohou zachycovat drobné třísky, což zhoršuje například funkci ložisek. Zbytková magnetizace také způsobuje problém s následovným svařováním elektrickým obloukem a znehodnocuje funkci měřících přístrojů. Odmagnetování po provedení zkoušky se nazývá demagnetizace, která nijak nemění strukturu zkušebního vzorku [21], [28].

Demagnetizace výrobků se provádí na těchto strojích: demagnetizační tunel (obdélníkový, nízkofrekvenční, giga, kruhový), demagnetizační stůl a ruční demagnetizéry. Giga demagnetizační tunel slouží k odemagnetizování velkých průměrů plynovodních potrubí s průměrem až 2 m. Výběr demagnetizačního stroje (viz **obr. 22**) závisí zejména na velikosti výrobku [27], [29].



**Obr. 22** Přehled demagnetizačních přístrojů [30]

### 5.2.1 Vyhodnocení vzorku po zkoušce magnetickou práškovou metodou





Na povrchu materiálu nedošlo k žádné indikaci vady materiálu (viz **obr. 23**). Vzorek byl svařován na automatickém pracovišti, při kterém se povrchové vady vyskytují výjimečně. Magnetická prášková metoda indikuje vady v materiálu pouze do 10 mm pod povrchem, proto nebyly nalezeny vady jako při zkoušce rentgenovým zářením, která prozáří celý objem zkoušeného vzorku. Vzorek tedy splnil požadované parametry pro magnetickou práškovou metodu.



**Obr. 23** Dokumentace zkušební vzorku po provedení magnetické práškové zkoušky

Ve výstupním dokumentu (viz **obr. 24**) jsou zaznamenány všechny používané přístroje a jejich označení. Zaznamenán je také druh zkušebního prostředku pro zviditelnění vad. V objednávce (viz **Příloha 1**) nebyla požadována následná demagnetizace výrobku, proto k měření zbytkové magnetizace a jejímu následnému odstranění nedošlo. Zkušební vzorek sloužil jako otestování provedení svarového spoje a nedojde k zařazení do provozu, proto demagnetizace nebyla nutná. Při zkoušce bylo postupováno v souladu s normou ČSN EN ISO 9934-1, aby byly dosaženy správné výsledky zkoušky.



 <small>NON-destructive testing of materials</small>		  <small>Accredited testing laboratory No. 1610, CPA - ČSN EN ISO 17025</small>		Controltest, s.r.o. Zkušební laboratoř Boleslavova 901/7 709 00 Ostrava-Mariánské Hory Česká republika/Czech Republic	
<b>Protokol o zkoušce /Examination record</b>					
Číslo protokolu/ Report No.:			ČSÚ/002-MT/2019		
Místo zkoušení/ Place of exam:			Strana/Page 1 z/of 1		
Ostrava					
Zákazník/ Customer:			Český svářečský ústav s.r.o., areál VŠB, 17.listopadu 2172/15, 708 33 Ostrava-Poruba		
Projekt/Project:			ZKUŠEBNÍ PROGRAM TEST PROGRAM		
Zakázka číslo /Order No.:			1R - 4220		
Předmět zkoušení/ Test object: Svarový spoj/Testing weld - č.svaru 1R-4220/1, ø 220 x 8,0 mm, poloha svařování/position of welding PA					
Způsob svařování/Process of welding:			Svar/Weld:		
135			BW		
Svařovací materiál/Material of welding: P235GH + Corgon 18					
Základní materiál/Basic Material:			Tavba - zákl. materiál/ Heat - Basic material:		
P235GH			--		
<b>Magnetická zkouška prášková MT/ Magnetic particle test MT</b>					
Metoda zkoušení/ Method specification: ČSN EN ISO 17638					
Hodnocení/Evaluation: ČSN EN ISO 23278, stupeň přípustnosti 2X					
Rozsah zkoušení/Extend of examination:			100%		
Tepelné zpracování/Heat treatment:			--		
Povrch/Surface:			svařovaný/welded		
Přístroj/Equipment:			UV-A lampa/UV-A Tube:		
mag. jho. Helling UM8, Ser. No.: 21433			--		
Druh magnetizace/Magnetic field direction:			Prokázání magnetizace/Calibration:		
podélná/ AC 220 V			4,5 kg T-04		
Zkušební prostředek/Examination agent:			Kalibrační měrka/Magnetic field indicator:		
FLUXO 4 white batch.No. L161216; FLUXO 215 black batch.No. L161031			Bertholdova		
Intenzita osvětlení/Background light:			Intenzita UV-A záření/UV-A intensity:		
1000 lx, luxmetr FX-101, Ser. No. K087805			--		
<b>Výsledek zkoušky/ Result of examination</b>					
<b>Vyhovuje/acceptable</b>					
Technik/Operator:			Datum přijetí zkoušky/Admission date:		
Jančar Jiří			15.02.2019		
Číslo certifikátu-kvalifikace/Certificate No.-level:			Datum zkoušky/Date of exam:		
NDT-0261-13/L II			16.02.2019		
Datum vystavení/Date issue of record: 16.02.2019					
Schválil/Approved:					
Ing. Tesařík Ivan					
Podpis a razítko: Signature and stamp:					
<small>Výsledky zkoušky se týkají pouze zkoušeného předmětu. Protokol nesmí být reprodukován jako celek, jinak jen s písemným souhlasem laboratoře. Test test results relate only to the tested items. The record shall not be reproduced except in full, without written approval of the laboratory.</small>					

**Obr. 24** Výstupní hodnotící protokol vzorku pro magnetickou práškovou metodu

Touto metodou byl vyhodnocován ještě jeden zkušební vzorek (viz **obr. 25**). Jednalo se o část používaného plynového potrubí. Metoda byla prováděna za stejných podmínek s použitím stejných prostředků. Avšak při této zkoušce byly povrchové trhliny materiálu nalezeny. Kvůli nalezení velkého množství trhliny tento vzorek nesplnil požadované podmínky, a proto byl vyřazen z provozu.



**Obr. 25** Dokumentace části plynového potrubí po provedení magnetické zkoušky práškové

### 5.3 Měření těsnosti

Měření těsnosti hodnotí nepropustnost materiálu. Vyhledávání netěsnosti materiálu je velmi časově i finančně náročné, protože netěsnost lze najít rychle pouze na malé oblasti zkoumání. Při měření velikosti netěsnosti se nejčastěji zjišťuje pouze velikost vady, nikoli její umístění. Na každý druh měření jsou využívána jiná zařízení, jen některé metody dokážou měřit velikost netěsnosti i její umístění. Netěsnost je v mnoha případech velmi složité přesně lokalizovat, i když je prokázána únikem látky z daného výrobku [1].

Správnou metodu zkoušení volíme dle tvaru zkoušeného materiálu a předpovídané velikosti netěsnosti. Pro měření hledání netěsností se využívá akustická metoda, penetrační metoda, bublinková zkouška, metoda měření změn a metoda s aplikací zkušebního plynu. Mezi bublinkové zkoušky spadá i bublinková metoda – komůrková [1].

Zkouška s pomocí vakuové komůrky je dle normy ČSN EN 1593 zařazena do metod s nanášením kapaliny u objektu bez tlaku (otevřená), ale může se zkouška těsnosti provádět také jako ponořovací za přítomnosti vakua [1], [31].

Při této metodě se využívá pěnotvorný roztok, nejčastěji voda se saponátem, která se nanese na zkušební vzorek. K němu se přiloží vakuová komůrka, ze které se vzduch odčerpává vakuovou vývěvou. Využívá se rozdílu tlaku na povrchu zkoušeného materiálu. Hodnota tlaku se nastavuje pomocí vakuometru. Při menším vakuu se hledají velké netěsnosti, po zkontrolování se nastaví menší tlak a hodnotí se netěsnosti malé. Hodnoty tlaku se pohybují přibližně mezi 20 až 50 kPa. Při posuzování vzniku bublin musí být tlak ustálen nejméně 30 s. Hodnocení zkoušky zohledňuje velikost a počet bublin za čas dle tabulky A.1 z normy ČSN EN 1593. Metoda komůrková slouží k hledání netěsnosti, ale nejde při ní snímat velikosti bublinek. Nelze ji také použít k hodnocení těsnosti celého zkoušeného vzorku [1], [31].

Zkoušení netěsnosti probíhalo na zkušebním vzorku (viz **obr. 25**). Na tomto vzorku byly při magnetické práškové metodě nalezeny povrchové trhliny. Před začátkem zkoušky musí být zkušební těleso zcela očištěno, protože výskyt nečistot nebo mastného povrchu vzorku, může ovlivnit tvorbu bublinek při provádění zkoušky. Důležitá je okolní teplota při zkoušení, která nesmí klesnout po 5 °C, ale současně nesmí být vyšší než 50 °C. Kontrolována je také hodnota osvětlení minimálně 350 až 500 luxů [31].

### 5.3.1 Vyhodnocení zkoušky měření těsnosti

Ve vakuové komůrce (viz **obr. 26**) byly bubliny objeveny pouze na okrajích. Tyto bubliny nejsou způsobeny netěsností zkoušeného materiálu, ale nerovnostmi mezi materiálem a stěnami vakuové komůrky. V okolí svarového spoje nebyly nalezeny bubliny, které by identifikovaly výskyt netěsnosti. Zkušební vzorek byl schválen a splňuje požadavky pro měření těsnosti bublinkovou komůrkovou metodou.



**Obr. 26** Dokumentace provedení měření těsnosti vakuovou komůrkou

## 6 Výsledky a diskuze

Při zkoušení zkušebních vzorků bylo postupováno v souladu s platnými českými normami, pro provádění nedestruktivního zkoušení. Získané výsledky byly vyhodnocovány podle požadovaných přesností, které stanovil zákazník (viz **Příloha 1**). Na každý typ zkoušky byly kladeny jiné požadavky.

Při zkoušení vzorků pomocí rentgenového prozařování byla požadována nejvyšší kvalita výrobku, tedy nejprísnější hodnocení výsledků zkoušky. Při zkoušce bylo nalezeno velké množství vad. Vady studeného spoje a neprůvary jsou nejčastější vady objevující se u automatového svařování, z důvodu nesprávného nastavení podmínek při svařování. Při požadované nejvyšší kvalitě provedení svaru není přípustné nalezení těchto vad v žádném rozsahu, a proto zkušební vzorek nesplnil požadavky při prozařovací zkoušce. Automatové svařování může dosahovat kvalitnějšího provedení při lepší volbě rychlosti svařování a dostatečné ochraně vůči okolní atmosféře. Při svařování na automatickém pracovišti vznikají svary s menší drsností svarové housenky než při ručním svařování.

Zkoušení pomocí magnetické práškové metody je zaměřené na vady v blízkosti povrchu. Nalezené vady pomocí výše uvedené prozařovací metody nebyly situované v blízkosti povrchu, a proto magnetickou práškovou metodou nalezeny nebyly. Zkušební vzorek proto požadavky pro magnetickou práškovou metodu splnil. Při provádění zkoušky na druhém zkušebním vzorku byly nalezeny povrchové trhliny. Pro určení důvodu vzniku trhlin by musely být provedeny metalografické zkoušky zkušebního vzorku.

Měření těsnosti bylo provedeno pomocí bublinkové komůrkové metody. Při zkoušení se objevily pouze bubliny v okolí okrajů zkušební komůrky, jiné těsnosti v materiálu nebyly nalezeny. Touto metodou bylo ověřeno, že nalezené trhliny na zkušebním vzorku jsou pouze povrchového charakteru a nedošlo k úplnému narušení materiálu.

Prozařovací rentgenovou zkoušku lze požadovat za nejkvalitnější z provedených zkoušek. Při ní se objevily podpovrchové vady v materiálu, které ostatní zkoušky neobjevily. Každá z prováděných metod nedestruktivního zkoušení je schopná objevit jiné typy vad materiálu. Při volbě metody nedestruktivního zkoušení je nutné brát ohled na daný typ zkoušeného vzorku a požadované přesnosti zkoušení.

## 7 Závěr

Cílem bakalářské práce bylo popsat proces certifikace pracovníků nedestruktivního zkoušení. V teoretické části práce byl popsán samostatný průběh certifikace, podmínky, které musí uchazeč splnit pro úspěšné získání certifikace. Nutné je doložení potvrzení o zrakové způsobilosti a provádění praxe v oboru. Certifikát lze získat pod dohledem školitelů při kvalifikačních zkouškách, které pořádá příslušný certifikační orgán. Certifikace napříč různými certifikačními orgány splňují stejné certifikační normy a měly by být požadovány za stejně plnohodnotné a platné. Jiné certifikační systémy, které jsou používány v jiných zemích, dodržují jiná pravidla a certifikace nejsou zcela sjednocené.

Při mapování současné situace v nedestruktivním zkoušení byly nalezeny různé problémy týkající se certifikace pracovníků. Problém s nesjednocením certifikací v mezinárodním měřítku způsobuje problémy českým pracovníkům se zahraničními zakázkami. Certifikace není přesně popsána v nově vznikajících metodách (tenzometrické zkoušení, průmyslová radiografie). Vyskytují se problémy s nedostatečnou praxí uchazečů, nebo případné padělání dokladů o prováděné praxi. V certifikačním systému dle ČSN EN ISO 9712 není nijak více nařízeno kontrolování prováděné praxe, proto je jednoduché tuto podmínku obejít. V jiných certifikačních systémech je tato podmínka přísněji definována, aby nedocházelo k nedostatečnému plnění tohoto bodu.

Experimentální část byla prováděna ve spolupráci s firmou Controltest s.r.o. pod vedením pracovníka Jiřího Jančara. Zkoušení proběhlo pomocí tří nedestruktivních metod: prozařovací metodou, magnetickou práškovou metodou a zkouškou těsnosti. Z výsledků zkoušek byly sepsány výstupní protokoly a nalezené vady vyhodnoceny. Zkušební vzorek nesplnil požadované podmínky pouze při prozařovací rentgenové zkoušce, kde byly nalezeny vady nepřípustné pro požadovaný stupeň hodnocení. Snímky pořízené při zkoušce prozařováním byly doloženy v experimentální části této práce.



## Literatura

- [1] KOPEC, Bernard. *Nedestruktivní zkoušení materiálů a konstrukcí: (nauka o materiálu IV)*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2008. ISBN isbn978-80-7204-591-4.
- [2] ČSN ISO 20807. *Nedestruktivní zkoušení- Kvalifikace pracovníků pro omezené použití nedestruktivního zkoušení*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, ©2015.
- [3] KOPEC, Bernard. *Příručka všeobecných znalostí NDT personálu pro účely školení všech metod NDT*. Ostrava: PTS Josef Solnař, ©2013.
- [4] BRODSKÝ, Bohumil. Historie NDT v čechách. *NDT Welding Bulletin*. Praha: Agentura Tíret, Pavel Turek, 2012, **22**(2), 15-19. ISSN 1213-3825.
- [5] ČSN EN ISO 9712. *Nedestruktivní zkoušení - Kvalifikace a certifikace pracovníků NDT*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, ©2013.
- [6] ČSN EN 473. *Nedestruktivní zkoušení - Kvalifikace a certifikace pracovníků NDT: Všeobecné zásady*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, ©2009.
- [7] KOPEC, Bernard. Informace o konferenci certifikace 2017, Vídeň, 6.-7.6.2017. In: PAZDERA, Luboš a Pavel MAZAL. *Defektoskopie 2017/NDT for Safety 2017*. Praha: Vysoké učení technické v Brně ve spolupráci s Českou společností pro NDT, 2017, s. 141-142. ISBN 978-80-214-5554-2.
- [8] ICNDT. *ICNDT Guide to Qualification and Certification of Personnel for NDT*[online]. ICNDT, 2016 [cit. 2019-04-20]. Dostupné z: [http://www.icndt.org/DesktopModules/Bring2mind/DMX/API/Entries/Download?Comm and=Core\\_Download&EntryId=18367&language=en-GB&PortalId=0&TabId=2446](http://www.icndt.org/DesktopModules/Bring2mind/DMX/API/Entries/Download?Comm and=Core_Download&EntryId=18367&language=en-GB&PortalId=0&TabId=2446)
- [9] APC. O nás: O sdružení. In: APC [online]. [cit. 2019-03-19]. Dostupné z: <https://www.apccz.cz/cz/o-nas-2/o-sdruzeni>
- [10] ZAVADIL, Tomáš a Václav JANDURA. Jak řešit praxi NDT personálu - role NDT level 3. In: PAZDERA, Luboš, Pavel MAZAL a Pavel TUREK. *Defektoskopie 2018/ NDT for Safety 2018*. 1. Praha: Vysoké učení technické v Brně ve spolupráci s Českou společností pro NDT, 2018, s. 351-358. ISBN 978-80-214-5684-6.
- [11] ZAVADIL, Tomáš. ASME ANDE-1 - Zcela nový přístup ke kvalifikaci personálu. In: PAZDERA, Luboš a Pavel MAZAL. *Defektoskopie 2017/NDT for Safety 2017*. Praha: Vysoké učení technické v Brně ve spolupráci s Českou společností pro NDT, 2017, s. 317-324. ISBN 978-80-214-5554-2.
- [12] NEUGEBAUER, Josef. Využití LMS při zkoušení personálu defektoskopie. In: PAZDERA, Luboš, Pavel MAZAL a Pavel TUREK. *Defektoskopie 2018/NDT for Safety 2018*. 1. Praha: Vysoké učení technické v Brně ve spolupráci s Českou společností pro NDT, 2018, s. 243-247. ISBN 978-80-214-5684-6.
- [13] NEUGEBAUER, Josef. Zkušební komisař personálu NDT versus norma ČSN EN ISO 9712. In: *Defektoskopie 2017/NDT for Safety 2017*. Praha: Vysoké učení technické v Brně ve spolupráci s Českou společností pro NDT, 2017, s. 189-194. ISBN 978-80-214-554-2.
- [14] HAMPEJS, Martin. Chaos v kvalifikaci. *NDT Welding Bulletin*. Praha: Agentura Tíret, Pavel Turek, 2009, **19**(1), 39-41. ISSN 1213-3825.
- [15] KOLÁŘ, Bohuslav. Kvalifikace a certifikace personálu v digitální průmyslové radiografii. *NDT Welding Bulletin*. Praha: Agentura Tíret, Pavel Turek, 2016, **26**(2), 3-5. ISSN 1213-3825.

- [16] ČSN EN ISO 19232-1 (01 5031) *Nedestruktivní zkoušení - Kvalita obrazu radiogramů: Stanovení hodnot kvality obrazu drátovými měrkami*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014.
- [17] RT měrky a měřidla: Drátkové měrky. In: *Full Service NDT - PTS Josef Solnař* [online]. PTS Josef Solnař, ©2017 [cit. 2019-04-05]. Dostupné z: <https://www.ptsndt.com/cs/prodej/rt-zkouseni-radiograficke/rt-merky-a-meridla/795-dratkove-merky>
- [18] RT měrky a měřidla: Destičková měrka s otvory ASTM E v nabídce. In: *Full Service NDT - PTS Josef Solnař* [online]. Ostrava: PTS Josef Solnař, ©2017 [cit. 2019-05-05]. Dostupné z: <https://www.ptsndt.com/cs/prodej/rt-zkouseni-radiograficke/rt-merky-a-meridla/45-destickova-merka-s-otvory-astm-e-cs>
- [19] ČSN EN ISO 10893-6. *Nedestruktivní zkoušení ocelových trubek*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- [20] RT filmy / Negatoskopy: Negatoskop Cool&Lite 0417L LED. In: *Full Service NDT - PTS Josef Solnař* [online]. PTS Josef Solnař, ©2017 [cit. 2019-04-05]. Dostupné z: <https://www.ptsndt.com/cs/prodej/rt-zkouseni-radiograficke/rt-filmy-negatoskopy-skenery/817-negatoskop-cool-lite-0417l-led>
- [21] VECTOR TUB. *Zkoušení prozařováním (RT): Stupeň 2*. 2. VECTOR TUB GmbH, QC Plzeň, 2007.
- [22] DULA, Jan. *Sbližování teorie s praxí: Modul: Metrologie ve strojírenství*. Uherské Hradiště: Střední odborná škola technická Uherské Hradiště, 2010.
- [23] ČSN EN ISO 10675-1. *Nedestruktivní zkoušení svarů - Kritéria přípustnosti pro radiografické zkoušení: Část 1: Ocel, nikl, titan a jejich slitiny*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, ©2018.
- [24] SOLNAŘ, Josef. *Metoda magnetická prášková: Stupeň 1*. Ostrava: PTS Josef Solnař, ©2013.
- [25] Magnetická metoda prášková: Princip fungování metody. In: *Weldinspect* [online]. 2015, 2015 [cit. 2019-04-11]. Dostupné z: [https://weldinspect.cz/?page\\_id=85](https://weldinspect.cz/?page_id=85)
- [26] Ruční elektromagnet: TWM 220N. In: *Inkar* [online]. INKAR, ©2017 [cit. 2019-04-11]. Dostupné z: <http://www.inkar.cz/produkty/magneticka-metoda/rucni-elektromagnety/>
- [27] ČSN EN ISO 9934-1(01 5046) *Nedestruktivní zkoušení - Zkoušení magnetickou práškovou metodou: Část: Obecné principy*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2017.
- [28] STRMISKA, Tomáš. *Metodika odmagnetování pístu sportovního magnetoreologického tlumiče*. Brno, 2015. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce Ing. Zbyněk Strecker, Ph.D.
- [29] WAMAG. *Odhalte tajemství demagnetizace. Kovo inzerť : strojírenský časopis* [online]. Brno, 2014, 4.11.2014, (17) [cit. 2019-04-11]. ISSN (1804-0357). Dostupné z: <http://infocube.cz/cs/odhalte-tajemstvi-demagnetizace/>
- [30] *Odhalte tajemství demagnetizace*. In: *KOVOINZERT: infocube s.r.o.* [online]. infocube s.r.o, ©2019, 4.11.2014 [cit. 2019-04-11]. Dostupné z: <http://infocube.cz/cs/odhalte-tajemstvi-demagnetizace/>
- [31] ČSN EN 1593 *Nedestruktivní zkoušení - Zkoušení těsnosti -Bublinková metoda*. Praha: Český normalizační institut, 2001.

## Seznam použitých zkratk a symbolů

NDT – nedestruktivní zkoušení (non-destructive testing)

ASTM- The American Society for Nondestructive Testing

ASME – The American Society of Mechanical Engineers

SNT-TC- Personnel Qualification and Certification in Nondestructive Testing

NAS 410- National Aerospace Standard for Nondestructive Testing Personnel Qualification and Certification

MAG-metoda svařování tavící se elektrodou v ochranné atmosféře aktivního plynu

BW spoj-tupý spoj

ASTM- The American Society for Nondestructive Testing

RTG-rentgenové zařízení

## Seznam obrázků

**Obr. 1** Příklad kapesního dokladu certifikace pracovníka nedestruktivního zkoušení

**Obr. 2** Zkušební vzorek pro NDT analýzy

**Obr. 3** Příklad kontrolní drátové měrky [17]

**Obr. 4** Příklad kontrolní otvorové měrky [18]

**Obr. 5** Přehledový snímek z průběhu zkoušky prozařováním

**Obr. 6** Příklad negatoskopu [20]

**Obr. 7** Snímek negativu hodnocené části 0-8 cm

**Obr. 8** Snímek negativu hodnocené části 8-16 cm

**Obr. 9** Snímek negativu hodnocené části 16-24 cm

**Obr. 10** Snímek negativu hodnocené části 24-32 cm

**Obr. 11** Snímek negativu hodnocené části 32-40 cm

**Obr. 12** Snímek negativu hodnocené části 40-48 cm

**Obr. 13** Snímek negativu hodnocené části 48-56 cm

**Obr. 14** Snímek negativu hodnocené části 56-64 cm

**Obr. 15** Snímek negativu hodnocené části 62-0 cm

**Obr. 16** Výstupní protokol rentgenové zkoušky část 1

**Obr. 17** Výstupní protokol rentgenové zkoušky část 2

**Obr. 18** Znázornění magnetického rozptylového toku v materiálu s trhlinou [25]

**Obr. 19** Bertholdova měrka

**Obr. 20** Příklad ručního magnetického jho [26]

**Obr. 21** Příklad barevného magnetického prášku ve spreji na bázi olejové suspenze

**Obr. 22** Přehled demagnetizačních přístrojů [30]

**Obr. 23** Dokumentace zkušební vzorku po provedení magnetické práškové zkoušky

**Obr. 24** Výstupní hodnotící protokol vzorku pro magnetickou práškovou metodu

**Obr. 25** Dokumentace části plynového potrubí po provedení magnetické zkoušky práškové

**Obr. 26** Dokumentace provedení měření těsnosti vakuovou komůrkou



# Příloha 1 Objednávka k provedení zkoušek



**Český svářečský ústav s.r.o.®**

*(Czech Welding Institute Ltd.)*

**Divize Inspekce - inspekční orgán č. 4005**

Vratimovská 624/11, 718 00 Ostrava – Kunčičky

Czech Republic

## ZKUŠEBNÍ PROGRAM - objednávka

Zakázka, Reg. číslo: **1R-4220**

Vyřizuje Ing. Pavel Sonnek, Ph.D.

Telefon: 775 573 692

Ostrava: 5.12.2018

Požadovaný termín: **13.12.2018**

e-mail: [pavel.sonnek@csuostrava.eu](mailto:pavel.sonnek@csuostrava.eu)

**CONTROLTEST s.r.o.**

**Boleslavova 901/7**

**709 00 Ostrava - Mariánské Hory**

## Identifikace dodaného materiálu:

Výrobek	Označení	Rozměry (mm)	Základní mat.	Svařovací mat.	Metoda	Poloha	PWHT
BW spoj na trubce oboustranný	1R-4220/1,2	D= 220 mm t = 8 mm š/d = ~ 100 mm	P235GH	P235GH + Corgon 18	135	PA s otáčením	-

## Požaduji provedení následujících nedestruktivních zkoušek:

Č.	Typ zkoušky	Norma provádění	Norma hodnocení	Označení vzorku	Poznámka
1	Magnetická prášková	ČSN EN ISO 17638	ČSN EN ISO 23278 Acceptance level 2x	1R-4220/I	-
2	Zkouška prozářením	ČSN EN ISO 17636-1	ČSN EN ISO 10675-1 Acceptance level 1	1R-4220/I	-

## Protokoly o zkoušení:

Jazykové provedení	Počet vyhotovení	Poznámka
CZ+EN	1x + 1x	Na protokolech o zkoušení uveďte prosím naše označení zakázky a označení zkušebních svarových spojů.

**Způsob platby:** Fakturou

**Předání výsledků:** Osobně / E-mailem

Děkuji za spolupráci. S pozdravem,

Pavel Sonnek